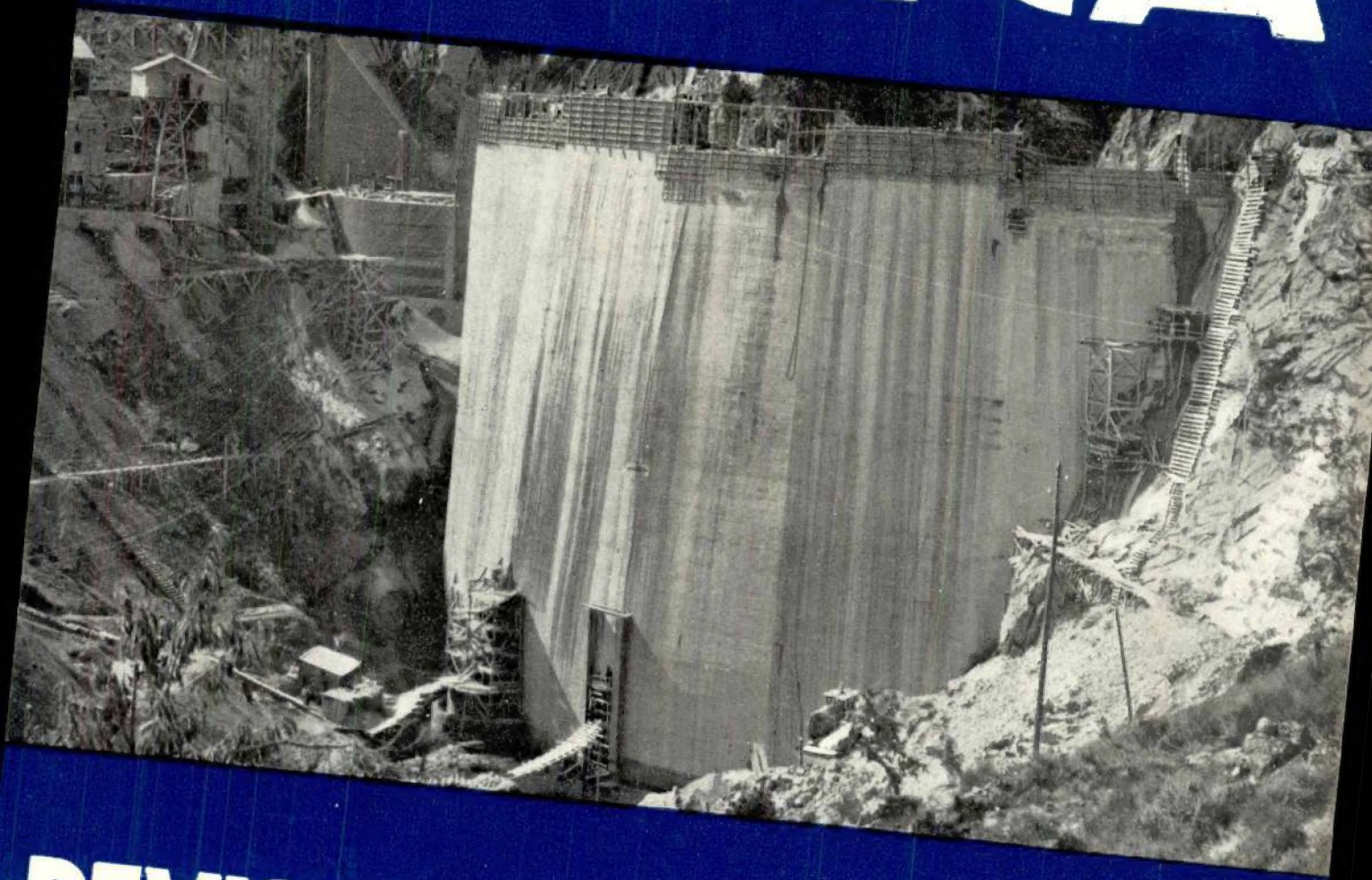
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA

DOS ALUNOS DO I.S.T.

.° 138-Maio-1943

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

SEDE
Rua Duque de Loulé, 240 — Pôrto
Telef. 2828 — 2829 — 2830 — Est. 90

DELEGAÇÃO
R. António Maria Cardoso, 13, 2.º - Lisboa
Telefones 27232 — 27233 — Est. 365

ELECTRICIDADE DO LINDOSO
E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU LEIRIA e de SETÚBAL, pela mais extensa rêde de alta tensão em Portugal (mais de 1.200 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LOGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a **U. E. P.** e consumir a sua energia é **proveitoso negócio**

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de tôdas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
138
Maio — 1943

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
LUIZ DE ALMEIDA ALVES
ADMINISTRADOR
JOSÉ DE LUCENA
BIBLIOTECÁRIO
FAUSTO GONÇALVES HENRIQUES
CORPO REDACTORIAL
Fernando Moitinho de Almeida
Henrique Dias Barracas
José Carlos Pinheiro da Silva
Manuel dos Santos Rézio

NÚMERO AVULSO 5$00
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	13$50	28$00	50$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	35$00	60$00
Estrangeiro...	—	40$00	70$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Estado actual das obras da Barragem de Santa Luzia

Págs.

Rodas hélico-mixtas — Seu estudo e projecto . . . . . Eng.º Manuel P. R. da Costa de Barros. 317

Qualidade e quantidade . . . . Eng.º Químico-Industrial A. M. da Paixão 349

Ábaco para o cálculo da potência de uma turbina hidráulica Eng.º Civil Manuel Bravo . . . 354

Do Mundo Técnico 360

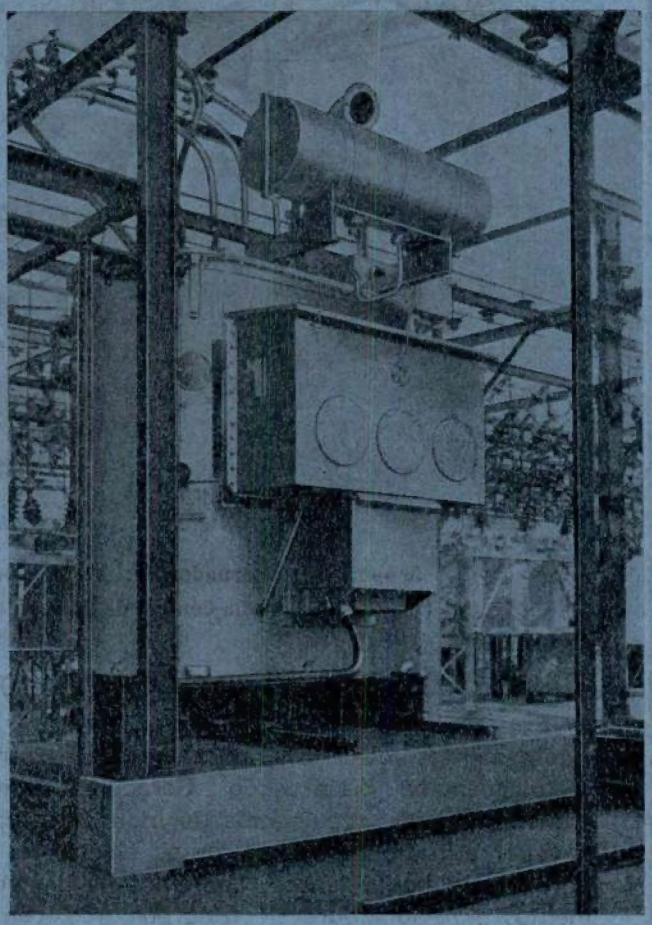
Publicações recebidas 364

STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
SCHWAN
Bleistift-Fabrik A.-G.
NÜRNBERG
Representante:
A. Ferreira da Silva, Porto.
Rua Alexandre Braga, 82. Tel. 6132
Lápis de desenho
em 18 graduações 7 B — 9 H
Lápis de côr
O utensílio precioso em 24 côres
Novidade: STABILO Cellomin D. R. P.
O lápis-tinta com a mina especial
resistente às influências climáticas

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.

Motores e dinamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidro-eléctricas. Instalações para melhorar o factor de potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Cabos e fios. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas.



Transformador trifásico com regulação da tensão em carga

THOMSON GENERAL ELECTRIC

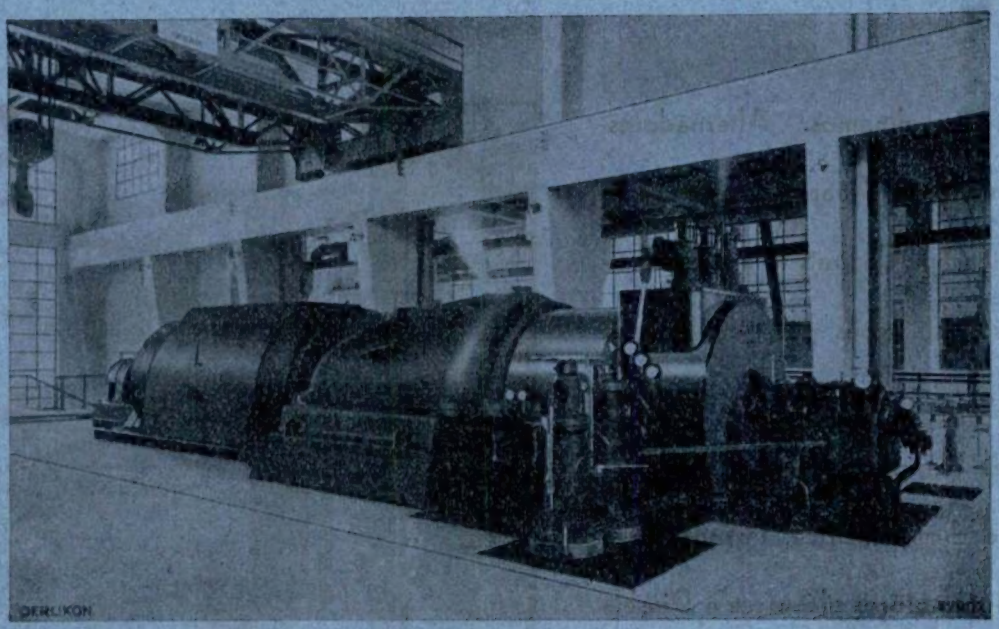
Portuguesa, L.da

LISBOA

Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

OERLIKON



Grupo turbo-alternador Oerlikon de 30000 kW e ponte rolante de 74 t. da Central de Hameenlinna (Filândia)

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos para centrais termo e hidro-eléctricas, subestações e instalações de distribuïção. Geradores e motores eléctricos de todos os tipos, transformadores, reguladores de indução, grupos convertidores, mutadores, turbinas a vapor e turbo geradores, gruas eléctricas, interruptores e aparelhos de manobra para alta e baixa tensão, aparelhos de protecção e relais de todos os tipos, equipamentos para soldadura eléctrica por arco, compressores e bombas de vácuo, electrolisadores, equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras eléctricas e diesel-eléctricas (via estreita e normal), tramwais, troley-buses, funiculares, teleféricos, etc.

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Pôrto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 968

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON
ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

TÉCNICA
LUIZ DE ALMEIDA ALVES
DIRECTOR

ANO XVIII - N.º 138 MAIO 1943

RODAS HÉLICO-MIXTAS

SEU ESTUDO E PROJECTO

PELO ENG. MANUEL P. R. DA COSTA DE BARROS
(Professor do I. S. T.)

O presente artigo, constituindo o projecto duma turbina Dubs, elaborado pelo Sr. Eng.º Manuel da Costa Barros, foi apresentado no Polytechnikum de Zurique ao próprio Prof. Dubs. Será, também, um dos capítulos dum livro que o nosso ilustre professor tenciona publicar. — A Técnica *agradece a sua antecipada publicação.*

Para uma dada altura de queda e um certo número de rotações, há um valor do caudal que pode ser escoado — como caudal máximo — pela turbina Francis larga ou de marcha rápida, que é, dentro da categoria das turbinas mixtas, a de maior capacidade de admissão. Quere dizer: conservando o regime de marcha, se para essa altura o caudal aumenta, ou se para êsse caudal a altura deminue, a turbina mixta deixa de poder ser aplicada, devendo então recorrer-se, para evitar unidades múltiplas de construção dispendiosa, a outro sistema mais rápido e de maior vazão.

O sistema indicado para êsse efeito e que na escala das turbinas se segue imediatamente à categoria Francis é o tipo de turbina hélico-mixta, fig. 1, dotada com a roda do mesmo nome ou roda Dubs, e, depois desta, para os casos extremos, de alturas mínimas e caudais relativamente grandes, a turbina hélico-axial, de roda hélice.

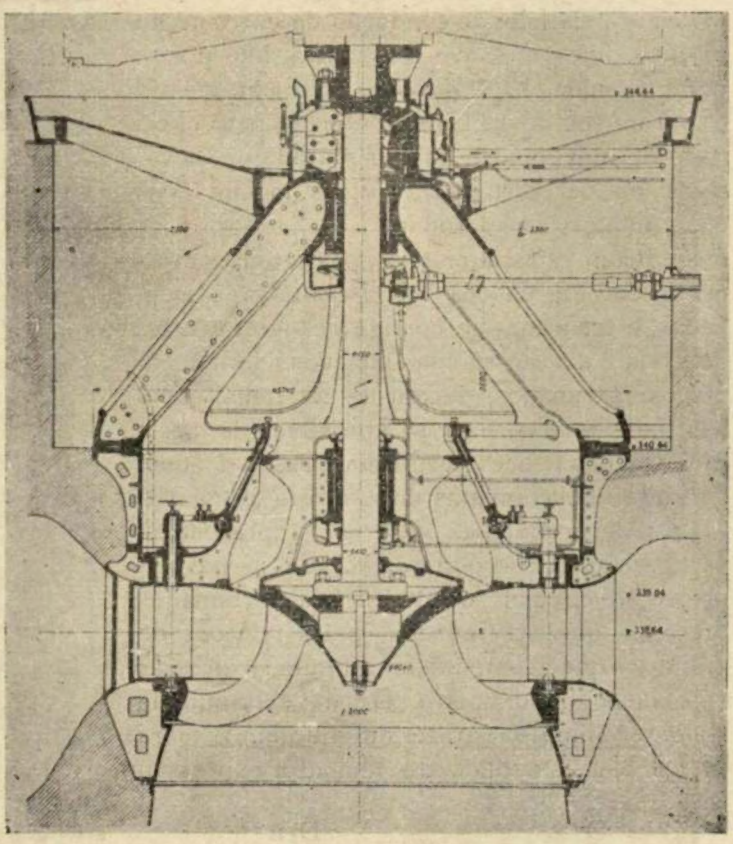


Fig. 1

Não foi porém com a idéia de aumentar a velocidade nem tão pouco a capacidade de admissão que Dubs se propôs modificar a turbina Francis larga, adaptando-a a quedas de menor altura e maiores volumes de água.

O seu intuito foi antes o de melhorar rendimentos pela redução dos atritos da corrente em menores percursos, através dos canais móveis. E nas tentativas então realizadas para tal fim, tratou de deminuir a extensão dêsses canais, retirando porções sucessivamente crescentes do corpo das pás, por meio de cortes cada vez mais reentrantes, efectuados a partir da periferia.

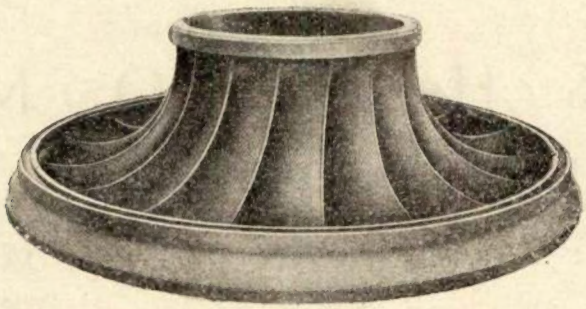


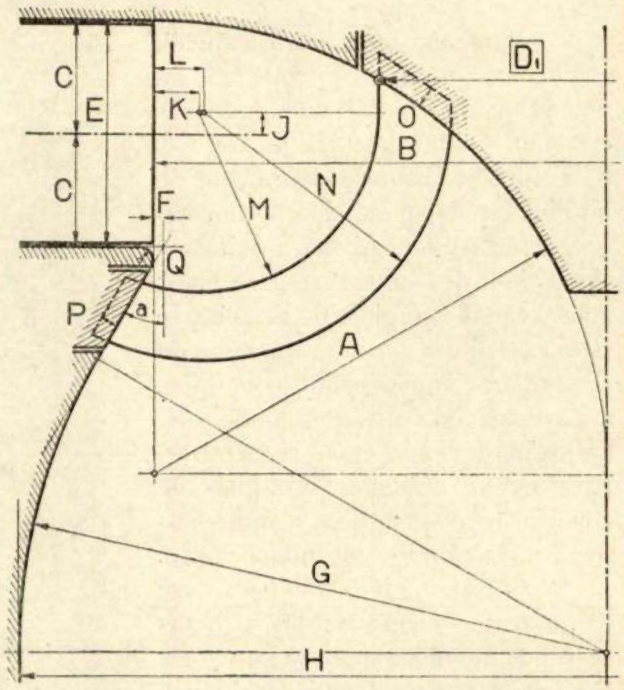
Fig. 2

Os resultados dessas modificações, das quais proveio o tipo de roda indicado na fig. 2, foram concludentes: a roda tornou-se mais rápida e capaz de admitir maiores caudais, sem que os atritos, a despeito do aumento das velocidades relativas da água, deixassem de deminuir, devido aos menores trajectos; e verificou-se também que o escoamento, longe de ser prejudicado pela falta de condução da corrente no extenso intervalo que passou a interpôr-se entre a saída do órgão fixo e a entrada do órgão móvel, havia sido favorecido pela liberdade de movimentos que a água adquire nessa parte do percurso, para depois incidir mais eficazmente sôbre a roda.

Com estas alterações, passaram as arestas de entrada das pás, de recolhidas e inclinadas, a ter a mesma configuração das arestas de saída e a admissão da água, considerada em planos meridianos, deixou de ser radial como nas rodas mixtas, para se aproximar da direcção axial das hélices, justificando assim o nome de rodas hélico-mixtas dado a esta categoria.

As proporções da roda, representada na fig. 3, em meio corte axial, com as pás em projecção circular, obedecem a determinados preceitos que se traduzem pelas relações de grandeza que acompanham a figura, expressas em função do diâmetro D_1 da extremidade mais recolhida da aresta de entrada. E para determinar êste diâmetro tem-se a expressão

$$\frac{Q}{D_1^2\sqrt{H}} = 2\sqrt{2}\left(\sqrt{2} + \frac{\sigma D_1 n}{60\sqrt{2gH}}\right)$$



A = 1,00 · D_1	G = 1,30 · D_1	M = 0,40 · D_1
B = 2,00 · D_1	H = 2,60 · D_1	N = 0,55 · D_1
C = 0,25 · D_1	J = 0,05 · D_1	O = 0,05 · D_1
E = 0,50 · D_1	K = 0,10 · D_1	P = 0,04 · D_1
F = 0,02 · D_1	L = 0,11 · D_1	Q = 0,03 · D_1
a = 30°	Z_2 - nº de pás = 17	

Fig. 3

em que figura o caudal Q e a altura da queda H e que é satisfeita pela abcissa do ponto de cruzamento da parábola

$$y_1 = \frac{Q}{D^2_1 \sqrt{H}}$$

com a recta

$$y_2 = 2\sqrt{2}\left(\sqrt{2} + \frac{\pi D_1 n}{60\sqrt{2gH}}\right)$$

O número de rotações específico, dado pela conhecida fórmula

$$n_s = \frac{n}{H} \frac{\sqrt{N}}{\sqrt[4]{H}}$$

em função do número de rotações real n e da potência N, e que, juntamente com a altura, caracteriza as condições da queda, está neste caso compreendido entre os limites

$$35^o < n_s < 55^o$$

coincidindo o primeiro valor com o limite máximo correspondente às rodas mixtas e o segundo com o limite mínimo das rodas hélices.

Quanto à sua constituïção, pelo que esta tem de comum com o caracter celular do escoamento nos canais, pode dizer-se que a roda hélico-mixta não difere essencialmente das rodas da categoria mixta. A sua configuração, essa, é que é diversa, e tão diversa que já não é possível aplicar ao seu estudo as mesmas regras da turbina Francis.

Devido, com efeito, ao extenso intervalo que a água tem de percorrer até atingir os canais móveis, depois que sai do distribuïdor, já a roda não apresenta ao longo das arestas de entrada das pás o mesmo grau de reacção, deixando de ser possível ligar entre si, por uma expressão apropriada para o cálculo, as velocidades relativas de dois filetes de água à saída do órgão móvel.

Invalida-se assim o princípio segundo o qual — determinada pela consideração do *ponto médio* da aresta de jusante, a velocidade relativa da água neste ponto — se podem calcular tôdas as restantes velocidades relativas de saída, para em seguida verificar, com os valores das velocidades meridianas fornecidas pelos diagramas parciais das turbinas elementares em que se divide a turbina que se projecta, se a soma dos caudais destas turbinas coincide com o caudal proposto no problema.

O estudo é conduzido de outro modo diverso.

Em vez de estabelecidas pelo referido critério do ponto médio — que a ser válido exigiria aqui uma dupla aplicação, pela necessidade de considerar um ponto idêntico na aresta de entrada — definem-se as turbinas parciais recorrendo à *rêde prática do escoamento,* formada por linhas de corrente, isto é, pelas linhas que limitam aquelas turbinas na projecção circular sôbre o plano meridiano do desenho — e por linhas equipotenciais.

Rêde prática se disse, e intencionalmente, porque qualquer rêde teórica que possa resultar da simplificação do problema — reduzindo-o por hipóteses que depois seria necessário rever e corrigir, a um escoamento plano, efectuado no sentido meridiano ou axial, com o fim de poder aplicar a lei do movimento giratório — não se sobrepõe às condições reais, na medida em que um tal traçado deve servir como meio de interpretar e traduzir os fenómenos do escoamento, garantindo uma suficiente exactidão de cálculo.

Nessa ordem de idéias, considerando, fig. 4, um elemento de água de dimensões b, ρ d α e d ρ, ter-se-ia para fôrça centrífuga desenvolvida no seu movimento central

$$dF = dM \cdot \frac{C^2}{\rho} = \frac{\gamma}{g} b \cdot \rho\, d\alpha \cdot d\rho \cdot \frac{C^2}{\rho}$$

e para pressão unitária correspondente

$$dp = \frac{dF}{b \cdot \rho \cdot d\alpha}$$

ou

$$dp = \frac{\gamma}{g}\, d\rho\, \frac{C^2}{\rho}$$

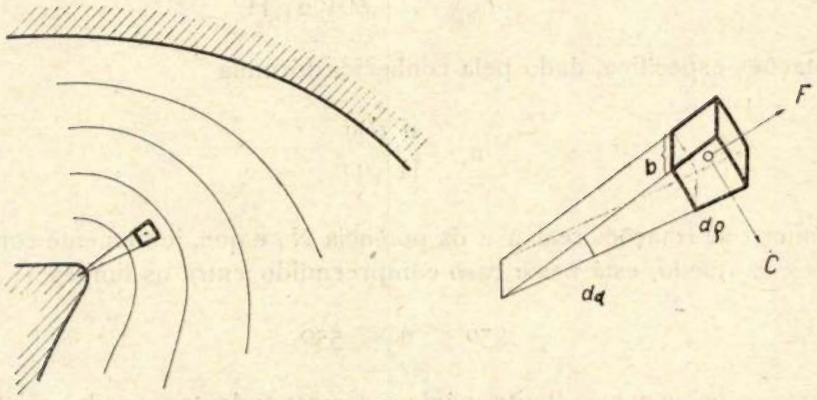


Fig. 4

Por outro lado, da lei de Bernouilli

$$\frac{C^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = \text{const.}$$

vem, com $z \sim$ const.

$$\frac{C\,dC}{g} + \frac{dp}{\gamma} = 0$$

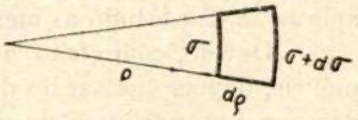


Fig. 5

e substituindo d p pelo valor achado

$$\frac{C\,dC}{g} + \frac{1}{g}\, d\rho\, \frac{C^2}{\rho} = 0$$

donde, simplificando

$$\frac{dC}{C} + \frac{d\rho}{\rho} = 0$$

cuja integração dá

$$\lg_n (C \cdot \rho) = \lg_n k_1$$

ou

$$\boxed{C \cdot \rho = k_1}$$

Mas, por ser, fig. 5

$$\frac{\rho + d\rho}{\rho} = \frac{\sigma + d\sigma}{\sigma}$$

isto é

$$\frac{d\rho}{\rho} = \frac{d\sigma}{\sigma}$$

virá também

$$\frac{dC}{C} + \frac{d\sigma}{\sigma} = 0$$

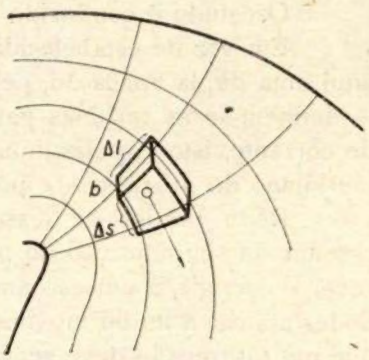


Fig. 6

e portanto

$$C \cdot \sigma = k$$

ou ainda, notando, fig. 6, que $\sigma \diamond \Delta s$

$$\boxed{C \cdot \Delta s = k_2}$$

Considerando então o escoamento através da superfície $b \,.\, \Delta l$, tem-se

$$\Delta Q = \frac{Q}{n} = b \,.\, \Delta l \,.\, C$$

e por ser $C = \frac{k_2}{\Delta s}$ resulta que

$$\frac{Q}{n \,.\, b \,.\, k_2} = \frac{\Delta l}{\Delta s} = \text{constante}$$

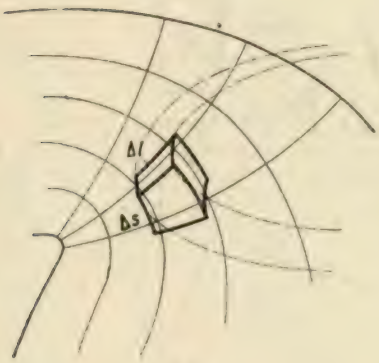


Fig. 7

Para o caso particular de ser $\frac{\Delta l}{\Delta s} = 1$, obter-se-ia uma rêde de escoamento quadriculada.

Referindo o escoamento à superfície $2 \pi R \,.\, \Delta l$ da fig. 7, vem anàlogamente

$$\Delta Q = \frac{Q}{m} = 2 \pi R \,.\, \Delta l \,.\, C$$

$$\frac{Q}{m \,.\, 2 \pi k_2} = \frac{R \,.\, \Delta l}{\Delta s} = \text{constante}$$

Poderia ser esta uma norma a seguir para a construção aproximada duma rêde, se a lei do movimento giratório em que ela se baseia não estivesse, para êste efeito, em desacôrdo com os fenómenos reais — como é fácil de verificar pelo simples exame das condições do escoamento circular plano, representado na fig. 8.

Até à secção *a o* e depois da secção *o c* escôa-se pelos canais componentes do canal proposto, de secção constante, a mesma quantidade de água; mas, na zona circular, a lei $C\,r$ = const. impõe uma desigualdade de secções que origina ao comêço e ao fim dêsse trajecto, como se representa na figura, uma falta absurda de continuïdade.

A maneira de traçar a referida rêde e obter a divisão em turbinas parciais consegue-se — com resultados de 1 % de aproximação, que a experiência confirma — admitindo que nos canais do órgão móvel as linhas normais às linhas de corrente, em corte axial, são linhas equipotenciais e que, portanto, é constante, ao longo de cada uma delas, a velocidade meridiana da água.

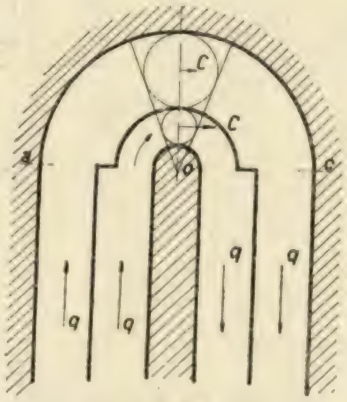


Fig. 8

Sendo *m* o número de turbinas elementares em que se divide a turbina que se projecta e considerando as velocidades reais, tem-se, de acôrdo com a fig. 9, para a saída do distribuïdor

$$\Delta Q = \frac{Q}{m} = \Delta D_o \,.\, \Delta l'_o \,.\, C'_{mo} = \pi D_o \,.\, \Delta l''_o \,.\, C''_{mo} = \ldots.$$

donde, por ser

$$C'_{mo} = C''_{mo} = \ldots.$$

vem

$$\Delta l'_o = \Delta l''_o = \ldots. \qquad = \Delta l_o$$

e para ter os pontos de passagem das linhas divisórias das várias turbinas elementares à saída dêsse órgão, basta dividir a altura b_o das suas pás em *m* partes iguais.

Para uma secção ortogonal qualquer, será anàlogamente

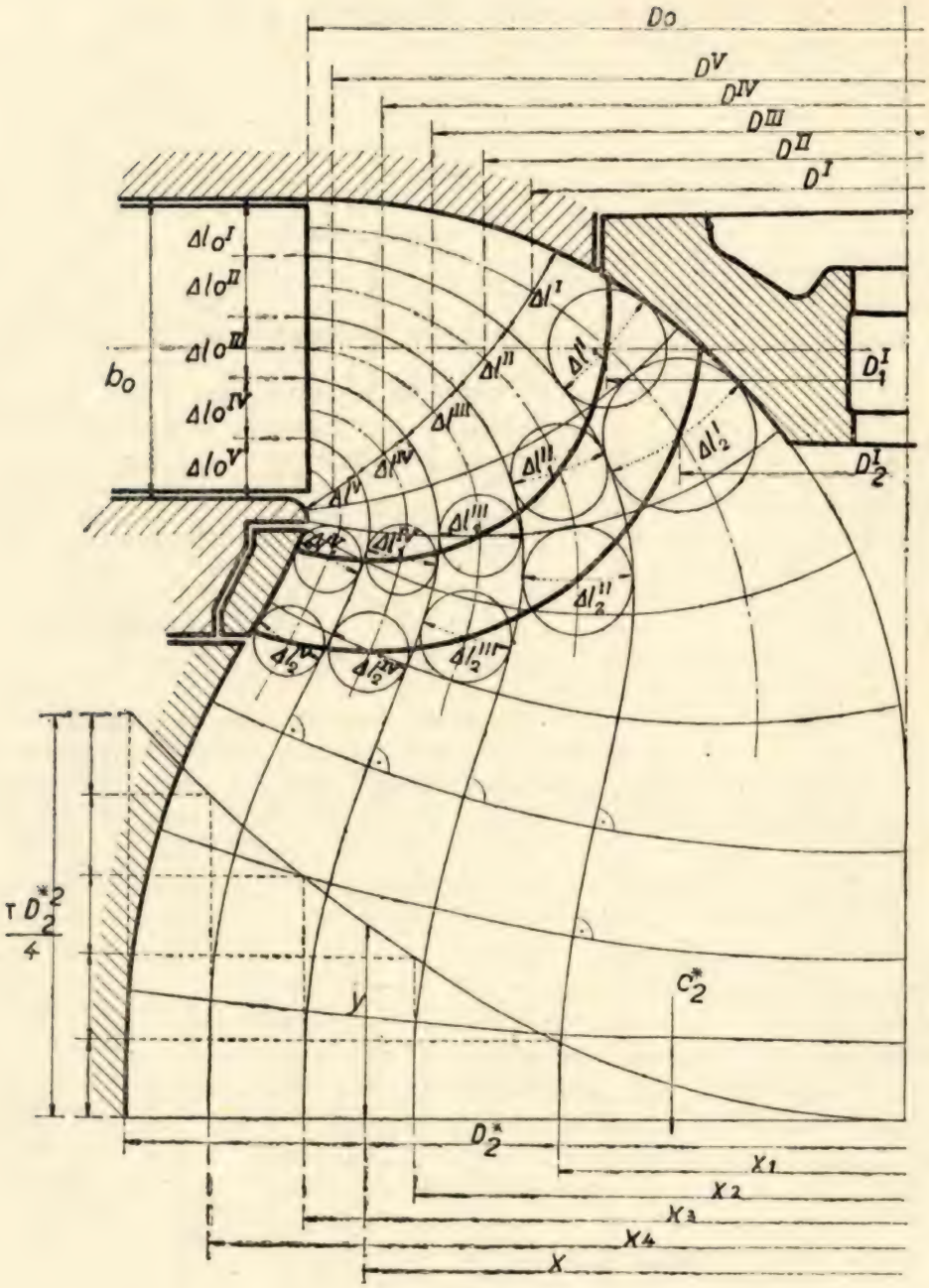


Fig. 9

$$\Delta Q = \frac{Q}{m} = \pi D' \Delta l' C'_m = \pi D'' \Delta l'' C''_m = \ldots.$$

e, visto que se pode admitir

$$C'_m = C''_m = \ldots.$$

resulta que

$$D' \Delta l' = D'' \Delta l'' = \ldots. \qquad = \text{const.}$$

Finalmente, a jusante da roda, toma-se como constante — o que é licito fazer sem êrro sensível — a velocidade C_2^* através da secção de diâmetro D_2^*, em que as trajectórias meridianas se tornam paralelas ao eixo; e das relações

$$\frac{\pi}{4} X_1^2 = \frac{\frac{\pi}{4} D_2^{*2}}{m}$$

$$\frac{\pi}{4} (X_2^2 - X_1^2) = \frac{\pi}{4} X_1^2$$

. . . . . .

tiram-se os valores dos diâmetros dos círculos que limitam as sucessivas coroas circulares de passagem dos caudais parciais:

$$X_1 = \frac{D_2^*}{\sqrt{m}} \sqrt{1}$$

$$X_2 = X_1 \sqrt{2} = \frac{D_2^*}{\sqrt{m}} \sqrt{2}$$

$$X_3 = X_1 \sqrt{3} = \frac{D_2^*}{\sqrt{m}} \sqrt{3}$$

. . . . . .

Gràficamente, pode obter-se êste conjunto de valores projectando sôbre o diâmetro D_2^* os pontos de cruzamento da parábola $y = \frac{\pi}{4} X^2$ com as horizontais dos pontos que dividem a ordenada extrema $\frac{\pi D_2^{*2}}{4}$ em m partes iguais.

Os pontos assim obtidos sôbre aquêle diâmetro são pontos definitivos de referência para o traçado das linhas divisórias a que se procede, partindo dos pontos da saída do distribuïdor e auxiliando êsse traçado com o das linhas equipotenciais que se desenham, a espaços regulares, à medida que se avança para jusante com o esbôço das linhas de corrente.

Os dois sistemas de linhas corrigem-se mùtuamente, pela dupla condição de ser $D \cdot \Delta l = \text{const.}$ e de respeitar a perpendicularidade que deve existir entre elas. Consegue-se dêste modo um acêrto rigoroso, num jôgo de tentativas que chega a oferecer um certo interêsse gráfico e em que se torna evidente, como factor de correcção, essa influência mútua, embora não de todo isenta da que possa provir, para celeridade do trabalho, dum sentido criado pela prática.

Com a roda assim definida em alçado, é possível construir os diagramas de entrada das turbinas parciais que a constituem — diagramas que se referem aos pontos de intersecção da aresta do mesmo nome com as várias linhas médias (*) e cujos elementos vectoriais se exprimem, para uniformidade do cálculo, em grandezas específicas.

Conhece-se, com efeito, para êsses pontos, a velocidade periférica

$$u_1 = \frac{\pi D_1 n}{60 \sqrt{2 g H}}$$

medindo no desenho os diâmetros que lhes correspondem; e podem determinar-se as componentes da velocidade absoluta da água, tanto meridianas como tangenciais: as meridianas, divi-

(*) Que se traçam, como se sabe, unindo os centros das circunferências tangentes às linhas de corrente que limitam as sucessivas turbinas elementares.

dindo o caudal elementar pela secção ortogonal de entrada das sucessivas turbinas parciais:

$$c'_{m1} = \frac{\Delta Q}{\pi D'_1 \Delta l'_1 \sqrt{2gH}}$$

$$c''_{m1} = \frac{\Delta Q}{\pi D''_1 \Delta l''_1 \sqrt{2gH}}$$

. . . . . .

e as componentes tangenciais, recorrendo à lei do movimento giratório a que a corrente está sujeita no sentido periférico, por todo o intervalo entre o distribuïdor e o órgão móvel, e relacionando por meio desta lei, aplicada àquelas componentes, as condições de escoamento à entrada da roda, representadas pelo valor variável c_{u1}, com as condições à saída do distribuïdor, de grandeza constante c_{uo}. E, por sua vez, êste valor obtém-se fechando o triângulo das velocidades c_o e c_{mo} que se determinam referindo a lei da continuïdade às secções de saída que lhes dizem respeito.

A secção ortogonal, repartida por tantos canais de largura terminal a_o quantas as pás z_o do distribuïdor, é

$$z_o \cdot a_o \cdot b_o = \frac{Q}{c_o \sqrt{2gH}}$$

e como para a turbina Dubs se verifica a expressão

$$z_o \cdot a_o \cdot b_o = 2{,}34\, D_1^2 \quad (*)$$

vem

$$c_o = \frac{Q}{2{,}34\, D_1^2 \sqrt{2gH}}$$

A secção cilíndrica de passagem, de diâmetro D_o, é por sua vez

$$\pi \cdot D_o \cdot b_o = \frac{Q}{c_{mo} \sqrt{2gH}} = \pi \cdot 2D_1 \cdot 0{,}5 D_1$$

donde

$$c_{mo} = \frac{Q}{\pi D_1^2 \sqrt{2gH}}$$

É possível então calcular $c_{uo} = \sqrt{c_o^2 - c_{mo}^2}$ que serve de base à determinação das componentes tangenciais da velocidade absoluta da água à entrada das várias turbinas elementares:

$$c'_{u1} = c_{uo} \frac{D_o}{D'_1}$$

$$c''_{u1} = c_{uo} \frac{D_o}{D''_1}$$

. . . . . .

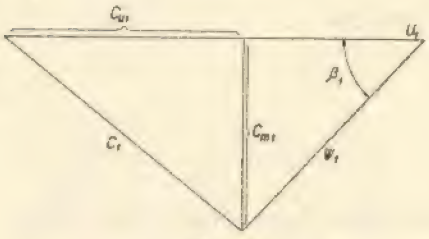


Fig. 10

e com o conjunto de valores u_1, c_{u1} e c_{m1} constroem-se para essas turbinas os respectivos diagramas, como indica a fig. 10.

Para os diagramas de saída utiliza-se a equação fundamental

(*) Esta relação torna o valor de c_o independente do estudo do distribuïdor, que nos métodos de Dubs precede sempre o da roda.

$$c^2_1 - c^2_2 + w^2_2 - w^2_1 + u^2_1 - u^2_2 = \eta_h$$

em que u_1, c_1 e w_1 são conhecidos das construções anteriores, obtendo-se o rendimento hidráulico da relação $\eta_h = \frac{\eta_e}{\eta_{mec.}}$, depois de atribuir valores ao rendimento efectivo e ao rendimento mecânico da turbina, em correspondência com a ordem de grandeza da potência:

$$\eta_e = 82\,\% \ldots\ 88\,\%$$
$$\eta_{mec.} = 95\,\% \ldots\ 99{,}5\,\%$$

para

$$N_1 = 100 \ \ldots\ 50000^{CV}$$

A semelhança do caso anterior, determina-se a velocidade periférica

$$u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60\sqrt{2gH}}$$

dos pontos de encontro da aresta de saída com as várias linhas médias.

Mas agora, para um primeiro cálculo, estabelece-se a hipótese de ser $\alpha_2 = \frac{\pi}{2}$ ou, dum modo geral, $c_2 = c_{m2}$, pois que só assim é possível aplicar a equação, com as velocidades absolutas confundidas com os seus valores meridianos:

$$c'_{m2} = \frac{\Delta Q}{\pi D'_2 \Delta l'_2 \sqrt{2gH}}$$
$$c''_{m2} = \frac{\Delta Q}{\pi D''_2 \Delta l''_2 \sqrt{2gH}}$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$

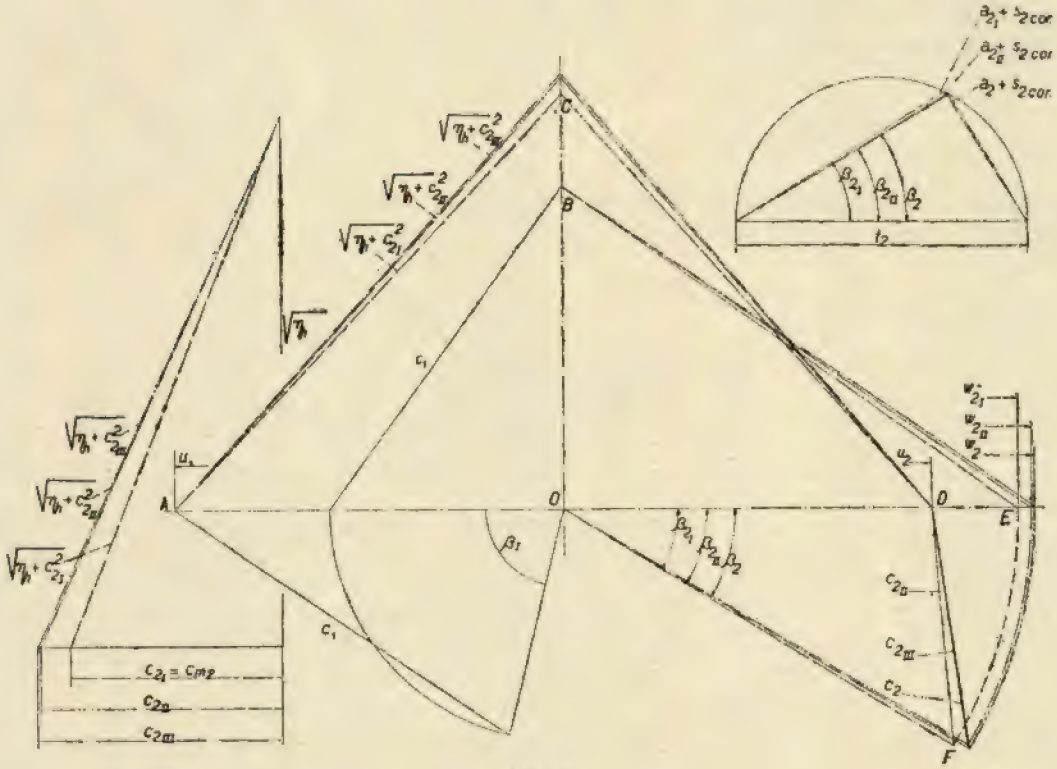


Fig. 11

As velocidades relativas de saída, que dêste modo se exprimem por grandezas inteiramente conhecidas

$$w^2_2 = r_h - c^2_1 + c^2_2 + w^2_1 - u^2_1 + u^2_2$$

podem determinar-se também pelo chamado *diagrama de Cammerer*, que traduz gràficamente esta equação, fig. 11.

Para a construção dêste diagrama, que exige o traçado prévio do triângulo de entrada, marcam-se sôbre a vertical de O os pontos B e C: B à distância c_1 do vértice do vector w_1, rebatido sôbre A O, e C à distância $\sqrt{r_h + c^2_2}$ de A.

O resto da construção acompanha a sua própria justificação analítica, na seqüência das seguintes expressões:

$$\overline{OB}^2 = c^2_1 - w^2_1$$

$$\overline{OC}^2 = r_h + c^2_2 - u^2_1$$

e se

$$\overline{OD} = u_2$$

vem

$$\overline{CD}^2 = \overline{OC}^2 + u^2_2 = r_h + c^2_2 - u^2_1 + u^2_2$$

mas

$$\overline{BE} = \overline{CD}$$

e portanto

$$\overline{OE}^2 = r_h + c^2_2 - u^2_1 + u^2_2 - c^2_1 + w^2_1$$

donde

$$\overline{OE} = w_2$$

O valor de w_2 assim obtido e que na figura se representa por $w_{2\,I}$, não é exacto, visto que não se atendeu à espessura das pás, nem tão pouco será $c_2 = c_{m2}$. Mas é um elemento para o cálculo de aproximações sucessivas a que se pode proceder para determinar a justa grandeza dessa velocidade e a sua direcção.

Efectivamente, essa grandeza relaciona-se com a largura a_2 da secção ortogonal extrema dos canais, de área $\Delta l_2 \,.\, a_2$, pela expressão.

$$a_2 = \frac{\Delta Q}{z_2 \, \Delta l_2 \, w_2 \sqrt{2 g H}}$$

e, por sua vez, esta largura intervém, fig. 12, para definir o ângulo de inclinação das pás à saída

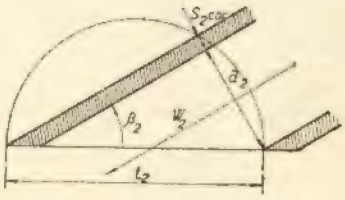


Fig. 12

$$\text{sen}\ \beta_2 = \frac{a_2 + s_2}{t_2}$$

permitindo obter êste ângulo depois de calculado o valor do passo t_2 e fixada a espessura s_2 entre os limites 5 — 20 mm conforme $D_1 = 250 - 2500$ mm.

A espessura s_2 deve ser corrigida, fig. 13, pela redução ao plano do diagrama, mediante a expressão $s_{2cor.} = \dfrac{s_2}{\cos \gamma_2}$.

Introduzindo o ângulo β_2 no diagrama de Cammerer (β_{2I}), acha-se, sôbre o arco de círculo de centro O e raio w_{2I}, o ponto F. O vector $\overline{DF}$ representa uma nova velocidade absoluta de saída c_{2II}, com a qual, à semelhança do que se fêz com o valor meridiano, se procede a uma segunda tentativa.

Determina-se a hipotenusa correspondente $\sqrt{r_h + c^2_{2II}}$ e, no diagrama de Cammerer, um outro valor de w_2 — designado

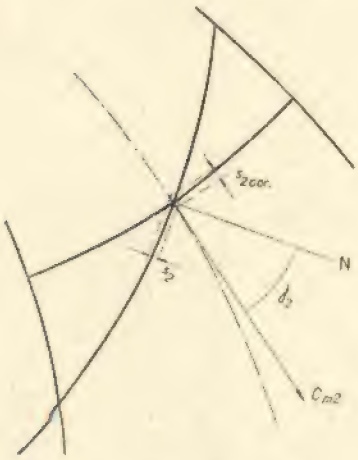


Fig. 13

na figura por w_{2II}; êste valor conduz, pelo cálculo, a nova largura a_{2II}, que permite obter, pela construção auxiliar do semi-círculo, anexa ao diagrama, um segundo ângulo β_{2II}; daqui um novo triângulo de saída, do qual faz parte a velocidade c_{2III}, para a terceira tentativa (¹).

As tentativas repetem-se pela ordem indicada até que os resultados obtidos não difiram entre si de mais de 1 %.

A construção dos diagramas dá a conhecer os ângulos β_1 e β_2 das velocidades relativas, aos quais fica obrigada, nas regiões de entrada e de saída, a orientação das pás. Ora, como estas são executadas posteriormente por prensagem, com moldes que se definem sôbre uma planta de cortes efectuados por planos horizontais, e estes cortes são por sua vez obtidos com o auxílio dos perfis das pás em superfícies cónicas e cilíndricas — importa transportar para estas superfícies, devidamente corrigidos, os referidos ângulos.

Só assim as pás virão a apresentar as verdadeiras orientações assinaladas no diagrama, limitando canais que realizem as condições do escoamento proposto.

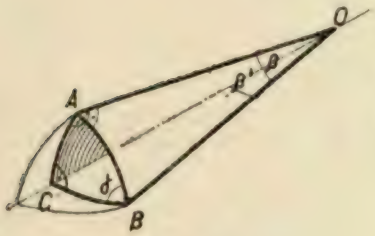


Fig. 14

Êsse transporte obtém-se fazendo intervir o coseno do diedro γ formado pelas superfícies do ângulo β a projectar e do ângulo β' projectado, conforme indica a fig. 14, de diedro recto em OC.

Por ser

$$\cos(A\,C) = \frac{\cos(A\,B)}{\cos(B\,C)} = \frac{\cos\beta}{\cos\beta'}$$

e

$$\cos(A\,C) = \cos\beta\cos\beta' + \operatorname{sen}\beta\operatorname{sen}\beta'\cos\gamma$$

resulta

$$\frac{1}{\cos^2\beta'} = 1 + \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\beta'\cos\gamma$$

ou

$$1 + \operatorname{tg}^2\beta' = 1 + \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\beta'\cos\gamma$$

e portanto

$$\operatorname{tg}\beta' = \operatorname{tg}\beta\,.\cos\gamma$$

As superfícies de corte utilizadas no estudo das rodas hélico-mixtas, fig. 15, são superfícies cónicas de vértice no eixo da roda e geratriz (K) passando por pontos de intersecção de linhas médias de turbinas parciais com a aresta de entrada e de saída; mas, quando êsse vértice cai fora, pràticamente, dos domínios do desenho, passam a ser superfícies cilíndricas, conduzidas pelos referidos pontos.

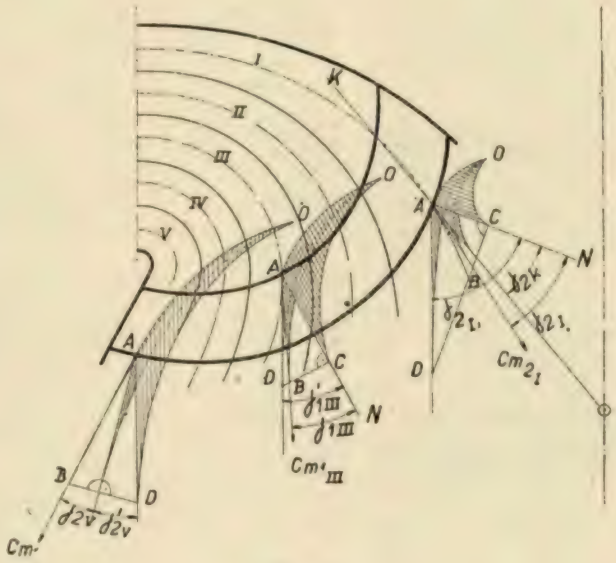


Fig. 15

Em qualquer caso é necessário efectuar uma dupla redução dos ângulos β_1 e β_2 dos diagramas, e então procede-se segundo as indicações da fig. 16, relativas ao transporte dum ângulo de saída β_2, e na qual: (²)

A B O — É a superfície cónica da geratriz tangente à linha média duma turbina parcial, no ponto A de cruzamento com a aresta de saída;

(¹) Esta construção altera-se, sem que deixe de traduzir a equação fundamental, quando $u_1 > \sqrt{v_{th} + c^2_2}$, como se pode ver nos diagramas do projecto, relativos às turbinas parciais IV e V.

(²) A figura representa também os elementos para o transporte dum ângulo de entrada β_1.

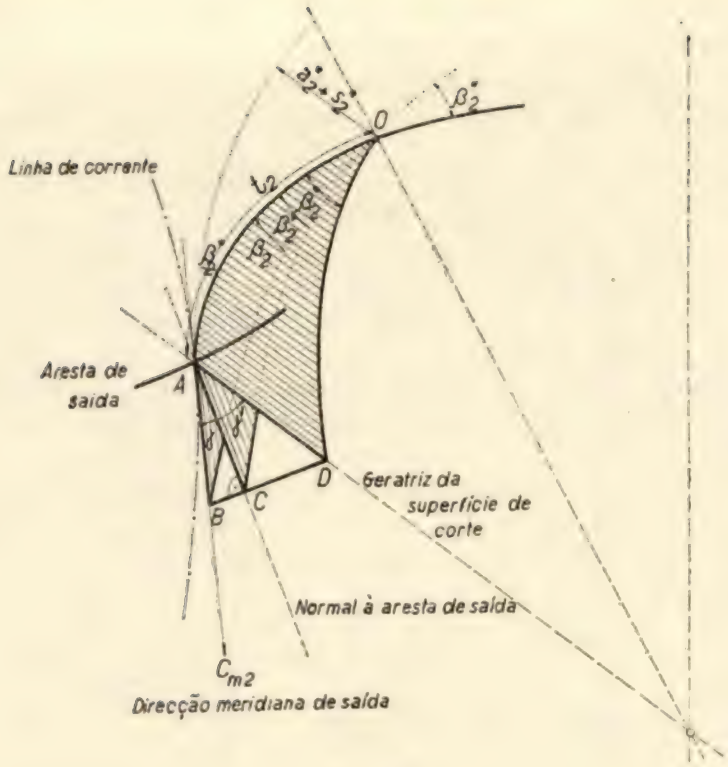


Fig. 16

A C O — A superfície cónica de geratriz normal nesse ponto, à mesma aresta;

γ — O ângulo das geratrizes anteriores;

A D O — A superfície de corte;

γ' — O ângulo das geratrizes desta última superfície e da superfície A C O;

$A\,D = t_2 = \frac{\pi\, D_2}{z_2}$ — O passo correspondente ao ponto A;

β_2 — O ângulo da velocidade relativa de saída, dado pelo diagrama para êsse ponto;

β'_2 — A projecção de β_2 sôbre a superfície cónica normal às arestas de saída;

e β_2^* — O ângulo β_2 reduzido à superfície de corte.

Transporta-se primeiro o ângulo considerado para a superfície cónica de geratriz normal à aresta de saída

$$\operatorname{tg} \beta_2' = \operatorname{tg} \beta \,.\, \cos \gamma$$

e em seguida para a superfície de corte

$$\operatorname{tg} \beta_2^* = \operatorname{tg} \beta_2' \,.\, \frac{1}{\cos \gamma'}$$

Para a dupla redução será pois

$$\operatorname{tg} \beta_2^* = \operatorname{tg} \beta_2 \,.\, \frac{\cos \gamma}{\cos \gamma'}$$

como aliás se confirma, construindo o duplo diedro da fig. 17, com o passo t_2 rectificado e notando que as relações

$$\operatorname{tg} \beta_2^* = \frac{A\,D}{A\,O}$$

$$\operatorname{tg} \beta_2 = \frac{A\,B}{A\,O}$$

$$\cos \gamma = \frac{A\,C}{A\,B}$$

$$\cos \gamma' = \frac{A\,C}{A\,D}$$

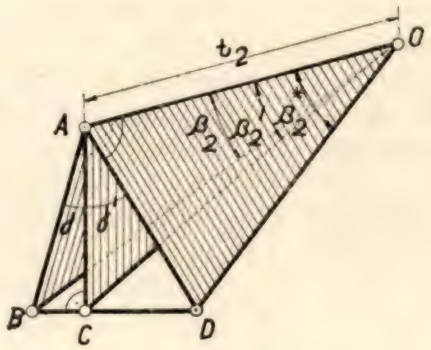


Fig. 17

conduzem à igualdade:

$$\frac{A\,D}{A\,O} = \frac{A\,B}{A\,O} \cdot \frac{A\,C}{A\,B} \cdot \frac{A\,D}{A\,C}$$

Estas mesmas relações justificam a construção gráfica da fig. 18, por meio da qual se pode determinar o ângulo reduzido β_2^*, assim como a correcção que experimenta a largura ortogonal a_2 à saída dos canais e a espessura das pás s_2, cuja soma, referida à superfície de corte, passa a ser $a_2^* + s_2^*$.

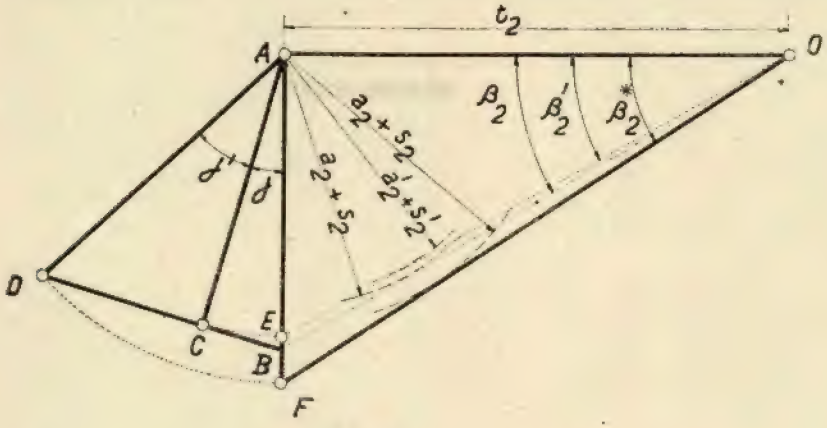


Fig. 18

Cabe notar nesta altura que o que se deixa exposto se aplica também ao estudo das rodas Francis, simplificando-se porém as normas apresentadas quando se trata dos ângulos de entrada, que se medem neste caso em planos normais às respectivas arestas.

A sua redução a uma superfície de corte — como é geralmente a superfície cónica de geratriz conduzida pelos pontos extremos da linha média da turbina parcial que se considera — faz-se de acôrdo com a fig. 19, em que a tangente à linha média no ponto inicial desta linha é ao mesmo tempo normal à aresta de entrada; e então, por ser $\gamma = 0$, vem:

$$\operatorname{tg} \beta_1^* = \operatorname{tg} \beta_1 \frac{1}{\cos \gamma'}$$

O duplo diedro do caso anterior transforma-se agora no diedro simples da fig. 20, do qual se tira

$$\operatorname{tg} \beta_1^* = \frac{AD}{AO}$$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{AC}{AO}$$

$$\cos \gamma' = \frac{AC}{AD}$$

justificando anàlogamente a construção gráfica da fig. 21.

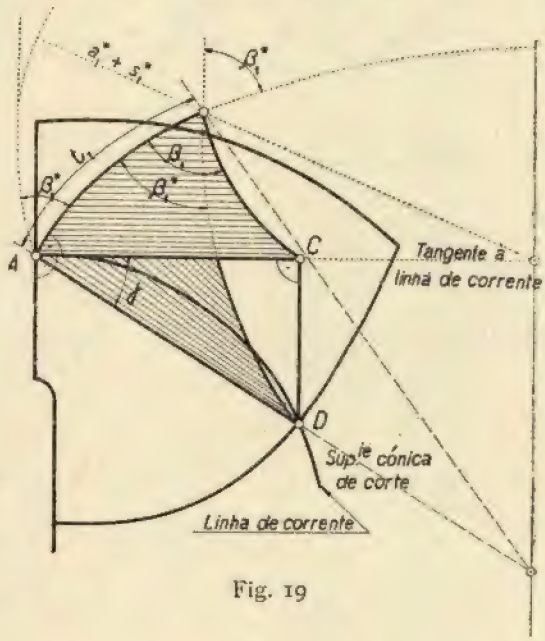


Fig. 19

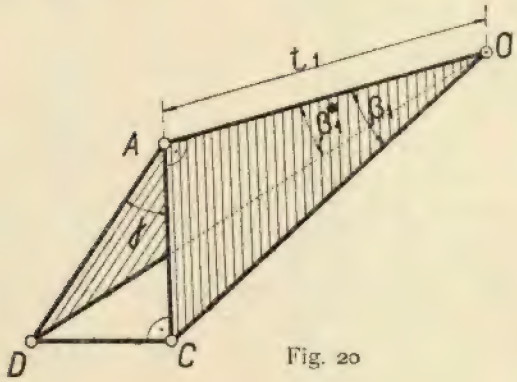


Fig. 20

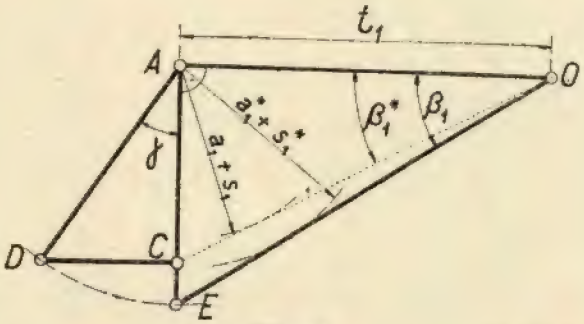


Fig. 21

Projecto duma roda hélico-mixta para uma queda de características:

$$Q = 2 \text{ m}^3$$
$$H = 2{,}30 \text{ m}$$
sendo $$n = 150^{\text{rot}}/_{\text{min.}} \quad (*)$$

Potência disponível:

$$N_d = \frac{\gamma Q H}{75} = \frac{1000 \,.\, 2 \,.\, 2{,}3}{75} \qquad N_d = 61^{cv},3$$

Potência efectiva:

$$N_e = \frac{\gamma Q H}{75} \,.\, \eta_e \qquad \text{com} \qquad \eta_e = 0{,}85 \quad N_e = 52^{cv}$$

Número de rotações específico:

$$n_s = \frac{n\sqrt{N_e}}{H\sqrt[4]{H}} = \frac{150}{2{,}3}\frac{\sqrt{52}}{\sqrt[4]{2{,}3}} \qquad n_s = 382{,}4$$

Diâmetro D_1 (fig. 3)

De

$$\frac{Q}{D_1^2\sqrt{H}} = 2\sqrt{2}\left(\sqrt{2} + \frac{\pi D_1 n}{60\sqrt{2gH}}\right)$$

parábola:

$$y_1 = \frac{Q}{D_1^2\sqrt{H}} = \frac{2}{D_1^2\sqrt{2{,}3}} = \frac{1{,}319}{D_1^2}$$

$D_1 = 0{,}300 \qquad y_1 = 14{,}65$

$D_1 = 0{,}400 \qquad y_1 = 8{,}25$

$D_1 = 0{,}500 \qquad y_1 = 5{,}28$

Recta:

$$y_2 = 4 + \frac{2\sqrt{2}\,\pi n}{60\sqrt{2gH}} \,.\, D_1 = 4 + 3{,}305\, D_1$$

E do diagrama, fig. 22, tem-se

$$D_1 = 500 \text{ mm}$$

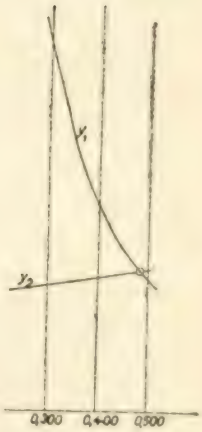


Fig. 22

(*) Convém determinar desde logo $\sqrt{2gH}$ que neste caso é igual a 6,72.

Dimensões do corte meridiano (fig. 3 e 28):

$A = 1{,}00 \,.\, D_1 = 0^m{,}500$	$G = 1{,}30 \,.\, D_1 = 0^m{,}65$	$M = 0{,}40 \,.\, D_1 = 0^m{,}20$
$(D_0)\ B = 2{,}00 \,.\, D_1 = 1^m{,}00$	$(D_2^*)\ H = 2{,}60 \,.\, D_1 = 1^m{,}30$	$N = 0{,}55 \,.\, D_1 = 0^m{,}275$
$C = 0{,}25 \,.\, D_1 = 0^m{,}125$	$J = 0{,}05 \,.\, D_1 = 0^m{,}025$	$O = 0{,}05 \,.\, D_1 = 0^m{,}025$
$(b_0)\ E = 0{,}50 \,.\, D_1 = 0^m{,}25$	$K = 0{,}10 \,.\, D_1 = 0^m{,}05$	$P = 0{,}04 \,.\, D_1 = 0^m{,}020$
$F = 0{,}02 \,.\, D_1 = 0^m{,}01$	$L = 0{,}11 \,.\, D_1 = 0^m{,}055$	$Q = 0{,}03 \,.\, D_1 = 0^m{,}015$
$a = 30^\circ$	z_2 — número de pás $= 17$	

Rêde prática do escoamento (fig. 9 e 28)

Consideram-se cinco turbinas parciais, $m = 5$

Saída do distribuïdor:

$$\Delta l'_0 = \Delta l''_0 = \ldots\ldots = \Delta l_0 = \frac{b_0}{m} = \frac{250}{5} \qquad \Delta l_0 = 50 \text{ mm}$$

Secção de diâmetro $D_2^* = 1300$ mm:

Constroe-se o ramo da parábola $y = \frac{\pi}{4} X^2$ correspondente ao alçado, fazendo variar X de 10 em 10 cm até $X = 130$ cm, e, pelo processo descrito, acham-se os pontos de referência das linhas divisórias das cinco turbinas parciais.

Linhas equipotenciais

Pela condição de ser

$$D' \,.\, \Delta l' = D'' \,.\, \Delta l'' = \ldots.$$

juntamente com o da perpendicularidade entre estas linhas e as linhas de corrente, chega-se, depois de algumas tentativas de acêrto, ao seguinte quadro de valores:

Turbinas parciais	I	II	III	IV	V
Linha equipotencial a	40,65 . 5,866 238,2	42,4 . 5,625 238,2	44,58 . 5,35 238,2	46,95 . 5,08 238,2	49,5 . 4,818 238,1
Linha equipotencial b	32,1 . 7,31 234,6	35,95 . 6,53 234,6	40,12 . 5,76 234,6	44,2 . 5,31 234,6	48,25 . 4,87 234,6
Linha equipotencial c	24,6 . 9,6 236,8	31,2 . 7,6 23,68	37,2 . 6,365 23,68	42,65 . 5,55 23,7	47,66 . 4,98 23,7
Linha equipotencial d	18,9 . 12,75 241	28,53 . 8,46 241	35,92 . 6,72 241	42,05 . 5,74 241,5	47,5 . 5,075 240,8
Linha equipotencial e	13,2 . 16,38 249,3	27,7 . 9,02 249,3	35,68 . 6,99 249,3	42,1 . 5,93 249,3	47,6 . 5,24 249,3
Linha equipotencial f	13,1 . 20,23 265,6	28,03 . 9,48 265,6	36,3 . 7,32 265,6	42,8 . 6,21 265,6	48,2 . 5,51 265,6
Linha equipotencial g	12,58 . 23,76 298,8	29,46 . 10,18 292	38,08 . 7,86 299	44,8 . 6,68 298,8	50,46 . 5,94 298,8
Linha equipotencial h	13,07 . 26,1 341,2	31,3 . 10,9 341,4	40,58 . 8,43 341,5	47,8 . 7,15 341,5	54,0 . 6,33 341,5

Obtida a rêde do escoamento e traçada, pela união dos centros das circunferências tangentes às linhas divisórias de cada turbina parcial, a respectiva linha média, medem-se no desenho os seguintes valores:

Diâmetros e larguras das turbinas parciais:

	à entrada dos canais		à saída dos canais	
Turbina parcial I	$D'_1 = 502{,}6$	$\Delta l'_1 = 94{,}4$	$D'_2 = 374$	$\Delta l'_2 = 129{,}8$
Turbina parcial II	$D''_1 = 582{,}2$	$\Delta l''_1 = 82$	$D''_2 = 554$	$\Delta l''_2 = 92{,}6$
Turbina parcial III	$D'''_1 = 713{,}6$	$\Delta l'''_1 = 69$	$D'''_2 = 744{,}6$	$\Delta l'''_2 = 76{,}3$
Turbina parcial IV	$D^{IV}_1 = 846$	$\Delta l^{IV}_1 = 60{,}7$	$D^{IV}_2 = 907{,}6$	$\Delta l^{IV}_2 = 67{,}8$
Turbina parcial V	$D^{V}_1 = 968$	$\Delta l^{V}_1 = 56$	$D^{V}_2 = 1041{,}8$	$\Delta l^{V}_2 = 61{,}2$

Componente tangencial da velocidade absoluta — c_{uo} (*)

Cálculo de c_o:

De

$$F_o = a_o\, b_o\, z_o = 2{,}34 \,.\, D^2_1 = \frac{Q}{C_o}$$

$$C_o = \frac{Q}{2{,}34 \,.\, D^2_1}$$

$$C_o = \frac{2}{2{,}34 \,.\, 0{,}5^2} \qquad C_o = 3^m{,}42$$

$$c_o = \frac{C_o}{\sqrt{2\,g\,H}} = \frac{3{,}42}{6{,}718} \qquad c_o = 0{,}51$$

Cálculo de c_{mo}:

De

$$Q = \pi\, D_o\, b_o\, C_{mo} = \pi \,.\, 2\, D_1 \,.\, 0{,}5\, D_1 \,.\, C_{mo}$$

$$C_{mo} = \frac{Q}{\pi\, D^2_1}$$

$$C_{mo} = \frac{2}{\pi \,.\, 0{,}5^2} \qquad C_{mo} = 2^m{,}55$$

$$c_{mo} = \frac{C_{mo}}{\sqrt{2\,g\,H}} = \frac{2{,}55}{6{,}718} \qquad c_{mo} = 0{,}3795$$

E então será:

$$C_{uo} = \sqrt{C^2_o - C^2_{mo}}$$

$$C_{uo} = \sqrt{3{,}42^2 - 2{,}55^2} \qquad C_{uo} = 2^m{,}28$$

$$c_{uo} = \frac{C_{uo}}{\sqrt{2\,g\,H}} = \frac{2{,}28}{6{,}718} \qquad c_{uo} = 0{,}3394$$

(*) Para uma idéia mais concreta dos resultados do cálculo incluem-se, além dos valores específicos, os valores reais das velocidades.

Diagramas de entrada

Velocidades periféricas u_1:

$$u_1 = \frac{\pi D_1 n}{60\sqrt{2gH}} = \frac{7{,}85 \cdot D_1}{\sqrt{2gH}}$$

$$u'_1 = \frac{7{,}85 \cdot D'_1}{\sqrt{2gH}} = \frac{7{,}85 \cdot 0{,}5026}{6{,}718} = \frac{3^m{,}95}{6{,}718} \qquad u'_1 = 0{,}587$$

$$u''_1 = \frac{7{,}85 \cdot D''_1}{\sqrt{2gH}} = \frac{7{,}85 \cdot 0{,}5822}{6{,}718} = \frac{4^m{,}57}{6{,}718} \qquad u''_1 = 0{,}681$$

$$u'''_1 = \frac{7{,}85 \cdot D'''_1}{\sqrt{2gH}} = \frac{7{,}85 \cdot 0{,}7136}{6{,}718} = \frac{5^m{,}60}{6{,}718} \qquad u'''_1 = 0{,}834$$

$$u^{IV}_1 = \frac{7{,}85 \cdot D^{IV}_1}{\sqrt{2gH}} = \frac{7{,}85 \cdot 0{,}846}{6{,}718} = \frac{6^m{,}64}{6{,}718} \qquad u^{IV}_1 = 0{,}988$$

$$u^{V}_1 = \frac{7{,}85 \cdot D^{V}_1}{\sqrt{2gH}} = \frac{7{,}85 \cdot 0{,}968}{6{,}718} = \frac{7^m{,}60}{6{,}718} \qquad u^{V}_1 = 1{,}13$$

Componentes meridianas c_{m1}:

$$c_{m1} = \frac{\Delta Q}{\pi D_1 \Delta l_1 \sqrt{2gH}}$$

em que

$$\Delta Q = \frac{Q}{m} = \frac{2^{m3}}{5} \qquad \Delta Q = 0^{m3}{,}400$$

$$c'_{m1} = \frac{\Delta Q}{\pi \cdot D'_1 \cdot \Delta l'_1 \sqrt{2gH}} = \frac{0{,}400}{\pi \cdot 0{,}5026 \cdot 0{,}0944 \cdot 6{,}718} = \frac{2^m{,}686}{6{,}718} \qquad c'_{m1} = 0{,}400$$

$$c''_{m1} = \frac{\Delta Q}{\pi \cdot D''_1 \cdot \Delta l''_1 \sqrt{2gH}} = \frac{0{,}400}{\pi \cdot 0{,}5822 \cdot 0{,}082} = \frac{2^m{,}668}{6{,}718} \qquad c''_{m1} = 0{,}3973$$

$$c'''_{m1} = \frac{\Delta Q}{\pi \cdot D'''_1 \cdot \Delta l'''_1 \sqrt{2gH}} = \frac{0{,}400}{\pi \cdot 0{,}7136 \cdot 0{,}069} = \frac{2^m{,}586}{6{,}718} \qquad c'''_{m1} = 0{,}385$$

$$c^{IV}_{m1} = \frac{\Delta Q}{\pi \cdot D^{IV}_1 \cdot \Delta l^{IV}_1 \sqrt{2gH}} = \frac{0{,}400}{\pi \cdot 0{,}846 \cdot 0{,}0607} = \frac{2^m{,}48}{6{,}718} \qquad c^{IV}_{m1} = 0{,}369$$

$$c^{V}_{m1} = \frac{\Delta Q}{\pi \cdot D^{V}_1 \cdot \Delta l^{V}_1 \sqrt{2gH}} = \frac{0{,}400}{\pi \cdot 0{,}968 \cdot 0.056} = \frac{2^m{,}35}{6{,}718} \qquad c^{V}_{m1} = 0{,}3494$$

Componentes tangenciais c_{u1}:

$c_{u1} = c_{uo} \dfrac{D_o}{D_1}$; mas para poder avaliar os valores reais: $c_{u1} = \dfrac{C_{uo}}{\sqrt{2gH}} \cdot \dfrac{D_o}{D_1}$

$$c'_{u1} = \frac{C_{uo}}{\sqrt{2gH}} \cdot \frac{D_o}{D'_1} = \frac{2,28}{6,718} \cdot \frac{1}{0,5026} = \frac{4^m,54}{6,718} \qquad c'_{u1} = 0,676$$

$$c''_{u1} = \frac{C_{uo}}{\sqrt{2gH}} \cdot \frac{D_o}{D''_1} = \frac{2,28}{6,718} \cdot \frac{1}{0,5822} = \frac{3^m,92}{6,718} \qquad c''_{u1} = 0,5835$$

$$c'''_{u1} = \frac{C_{uo}}{\sqrt{2gH}} \cdot \frac{D_o}{D'''_1} = \frac{2,28}{6,718} \cdot \frac{1}{0,7136} = \frac{3,195}{6,718} \qquad c'''_{u1} = 0,476$$

$$c^{IV}_{u1} = \frac{C_{uo}}{\sqrt{2gH}} \cdot \frac{D_o}{D^{IV}_1} = \frac{2,28}{6,718} \cdot \frac{1}{0,846} = \frac{2,695}{6,718} \qquad c^{IV}_{u1} = 0,4018$$

$$c^{V}_{u1} = \frac{C_{uo}}{\sqrt{2gH}} \cdot \frac{D_o}{D^{V}_1} = \frac{2,28}{6,718} \cdot \frac{1}{0,968} = \frac{2,354}{6,718} \qquad c^{V}_{u1} = 0,351$$

Dos triângulos de entrada, construidos com estas três séries de grandezas, tiram-se as velocidades absolutas e relativas:

$$c'_1 = 0,785 \qquad w'_1 = 0,41$$

$$c''_1 = 0,705 \qquad w''_1 = 0,41$$

$$c'''_1 = 0,613 \qquad w'''_1 = 0,525$$

$$c^{IV}_1 = 0,545 \qquad w^{IV}_1 = 0,6925$$

$$c^{V}_1 = 0,495 \qquad w^{V}_1 = 0,8525$$

e os ângulos β_1 que se reünem num quadro para as reduções posteriores às superfícies de corte das pás.

Para a aplicação subseqüente da equação fundamental, convém calcular os quadrados das velocidades de entrada:

$$u_1'^2 = 0,344 \qquad c_1'^2 = 0,616 \qquad w_1'^2 = 0,168$$

$$u_1''^2 = 0,4637 \qquad c_1''^2 = 0,497 \qquad w_1''^2 = 0,168$$

$$u_1'''^2 = 0,695 \qquad c_1'''^2 = 0,376 \qquad w_1'''^2 = 0,2755$$

$$u_1^{IV2} = 0,976 \qquad c_1^{IV2} = 0,297 \qquad w_1^{IV2} = 0,4795$$

$$u_1^{V2} = 1,277 \qquad c_1^{V2} = 0,245 \qquad w_1^{V2} = 0,7264$$

Diagramas de saída

Na equação fundamental

$$\eta_h = c^2_1 - c^2_2 + w^2_2 - w^2_1 + u^2_1 - u^2_2$$

são conhecidos u_1, c_1 e w_1.

Fixando um valor ao rendimento mecânico $\eta_{mec.} = 0,972$, acha-se para rendimento hidráulico da roda

$$\eta_h = \frac{\eta_e}{\eta_{mec}}$$

$$\eta_h = \frac{0,85}{0,972} \qquad \eta_h = 0,875$$

Velocidades periféricas u_2:

$$u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60\sqrt{2gH}} = \frac{7{,}85 \cdot D_2}{\sqrt{2gH}}$$

$$u'_2 = \frac{7{,}85 \cdot D'_2}{\sqrt{2gH}} = \frac{7{,}85 \cdot 0{,}374}{6{,}718} = \frac{2^m{,}936}{6{,}718} \qquad u'_2 = 0{,}437$$

$$u''_2 = \frac{7{,}85 \cdot D''_2}{\sqrt{2gH}} = \frac{7{,}85 \cdot 0{,}554}{6{,}718} = \frac{4^m{,}35}{6{,}718} \qquad u''_2 = 0{,}6475$$

$$u'''_2 = \frac{7{,}85 \cdot D'''_2}{\sqrt{2gH}} = \frac{7{,}85 \cdot 0{,}7446}{6{,}718} = \frac{5^m{,}845}{6{,}718} \qquad u'''_2 = 0{,}87$$

$$u^{IV}_2 = \frac{7{,}85 \cdot D^{IV}_2}{\sqrt{2gH}} = \frac{7{,}85 \cdot 0{,}9076}{6{,}718} = \frac{7{,}125}{6{,}718} \qquad u^{IV}_2 = 1{,}06$$

$$u^{V}_2 = \frac{7{,}85 \cdot D^{V}_2}{\sqrt{2gH}} = \frac{7{,}85 \cdot 0{,}1042}{6{,}718} = \frac{8{,}18}{6{,}718} \qquad u^{V}_2 = 1{,}217$$

Para poder aplicar a equação, em que figuram ainda duas variáveis, estabelece-se a hipótese de ser $\alpha_2 = \frac{\pi}{2}$.

Cálculo de $c_2 = c_{m2}$ para as várias turbinas parciais:

$$c_2 = c_{m2} = \frac{\Delta Q}{\pi D_2 \Delta l_2 \sqrt{2gH}} \quad \left(\begin{array}{c}\text{desprezando a influência da} \\ \text{espessura das pás}\end{array}\right)$$

acrescenta-se a c_2, e a tôdas as grandezas que se determinam com a sua intervenção, um novo índice designando o número de ordem do cálculo de aproximação a que se procede até obter os valores definitivos.

$$c'_{2_I} = c'_{m2} = \frac{\Delta Q}{\pi \cdot D'_2 \cdot \Delta l'_2 \cdot \sqrt{2gH}} = \frac{0{,}400}{\pi \cdot 0{,}374 \cdot 6{,}718} = \frac{2^m{,}622}{6{,}718} \qquad c'_{2_I} = c'_{m2} = 0{,}3905$$

$$c''_{2_I} = c''_{m2} = \frac{\Delta Q}{\pi \cdot D''_2 \cdot \Delta l''_2 \cdot \sqrt{2gH}} = \frac{0{,}400}{\pi \cdot 0{,}554 \cdot 6{,}718} = \frac{2^m{,}483}{6{,}718} \qquad c''_{2_I} = c''_{m2} = 0{,}3696$$

$$c'''_{2_I} = c'''_{m2} = \frac{\Delta Q}{\pi \cdot D'''_2 \cdot \Delta l'''_2 \cdot \sqrt{2gH}} = \frac{0{,}400}{\pi \cdot 0{,}7446 \cdot 6{,}718} = \frac{2^m{,}240}{6{,}718} \qquad c'''_{2_I} = c'''_{m2} = 0{,}3334$$

$$c^{IV}_{2_I} = c^{IV}_{m2} = \frac{\Delta Q}{\pi \cdot D^{IV}_2 \cdot \Delta l^{IV}_2 \cdot \sqrt{2gH}} = \frac{0{,}400}{\pi \cdot 0{,}9076 \cdot 6{,}718} = \frac{2^m{,}068}{6{,}718} \qquad c^{IV}_{2_I} = c^{IV}_{m2} = 0{,}3077$$

$$c^{V}_{2_I} = c^{V}_{m2} = \frac{\Delta Q}{\pi \cdot D^{V}_2 \cdot \Delta l^{V}_2 \cdot \sqrt{2gH}} = \frac{0{,}400}{\pi \cdot 1{,}0418 \cdot 6{,}718} = \frac{1^m{,}997}{6{,}718} \qquad c^{V}_{2_I} = c^{V}_{m2} = 0{,}2973$$

$$u_2'^2 = 0{,}191 \qquad c_2'^2_I = 0{,}1525$$

$$u_2''^2 = 0{,}419 \qquad c_2''^2_I = 0{,}1366$$

$$u_2^{III\,2} = 0{,}7566 \qquad c_{2\,1}^{III\,2} = 0{,}1111$$

$$u_2^{IV\,2} = 1{,}124 \qquad c_{2\,1}^{IV\,2} = 0{,}0947$$

$$u_2^{V\,2} = 1{,}48 \qquad c_{2\,1}^{V\,2} = 0{,}0883$$

Cálculo das velocidades relativas w_2:

$$w_2^2 = \eta_h - c_1^2 + c_2^2 + w_1^2 - u_1^2 + u_2^2$$

$$w_{2\,1}'^2 = 0{,}875 - 0{,}6160 + 0{,}1525 + 0{,}168 - 0{,}344 + 0{,}1910 = 0{,}4265 \qquad w_{2\,1}' = 0{,}653$$

$$w_{2\,1}''^2 = 0{,}875 - 0{,}4972 + 0{,}1366 + 0{,}168 - 0{,}4637 + 0{,}419 = 0{,}637 \qquad w_{2\,1}'' = 0{,}798$$

$$w_{2\,1}'''^2 = 0{,}875 - 0{,}376 + 0{,}1111 + 0{,}2755 - 0{,}695 + 0{,}7566 = 0{,}9472 \qquad w_{2\,1}''' = 0{,}973$$

$$w_{2\,1}^{IV\,2} = 0{,}875 - 0{,}297 + 0{,}0947 + 0{,}4795 - 0{,}976 + 1{,}124 = 1{,}300 \qquad w_{2\,1}^{IV} = 1{,}14$$

$$w_{2\,1}^{V\,2} = 0{,}875 - 0{,}245 + 0{,}0883 + 0{,}7264 - 1{,}277 + 1{,}48 = 1{,}6477 \qquad w_{2\,1}^{V} = 1{,}284$$

Importa porém obter estes mesmos valores gràficamente, pelos diagramas de Cammerer, para depois proceder, por turbinas parciais, ao cálculo gráfico-analítico de aproximações sucessivas que dá os valores definitivos de c_2, w_2 e dos ângulos β_2.

Turbina parcial I

Dos cálculos anteriores:

$$u'_1 = 0{,}587 \qquad c'_1 = 0{,}785 \qquad w'_1 = 0{,}41$$

$$u'_2 = 0{,}437 \qquad c'_{2\,1} = c'_{m2} = 0{,}3905$$

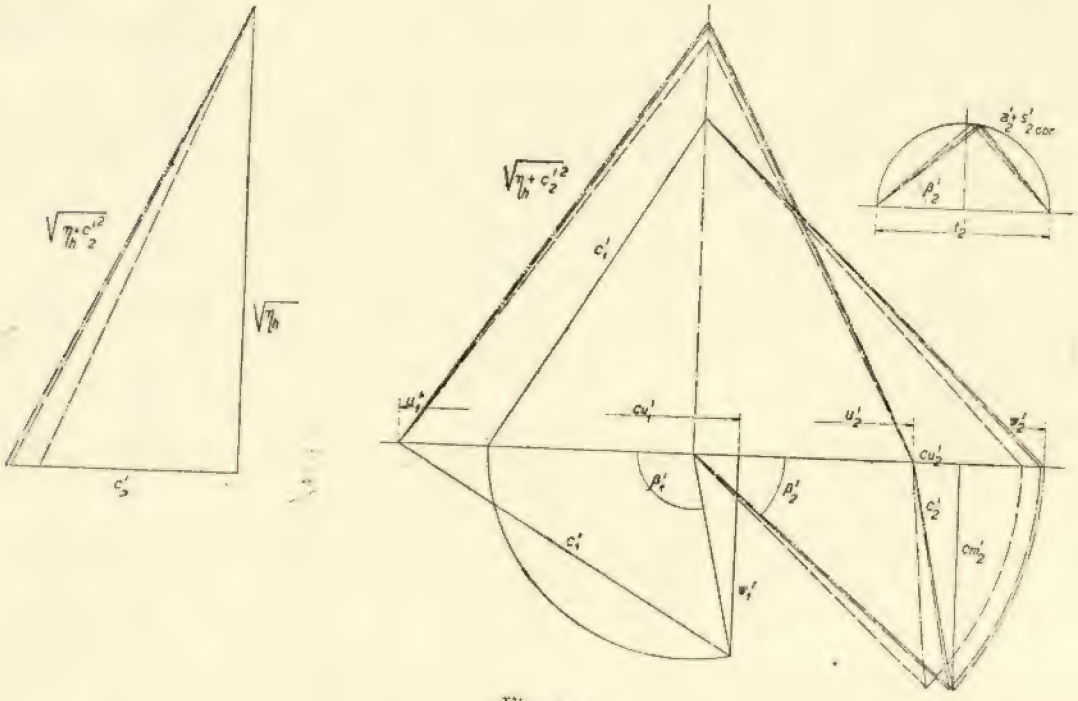


Fig. 23

Traçada a hipotenusa $\sqrt{r_h + c'^2_{2_I}}$, procede-se à construção do diagrama de Cammerer, fig. 23, e confirma-se o valor achado analiticamente, $w'_{2_I} = 0{,}653$.

Mas êste valor não entra em linha de conta, como já se disse na parte teórica, com a espessura das pás. Calcula-se então

$$a'_{2_I} = \frac{\Delta Q}{z_2 \,.\, \Delta l'_2 \,.\, w'_{2_I} \sqrt{2gH}} = \frac{0{,}4}{17 \,.\, 0{,}1298 \,.\, 0{,}653 \,.\, 6{,}718} \qquad a'_{2_I} = 41{,}3 \text{ mm}$$

e com

$$s'_{2_{cor.\,I}} = \frac{s'_2}{\cos \gamma'_2} = \frac{5}{\cos 36{,}5} \qquad s_{2_{cor.}} = 6{,}22 \text{ mm}$$

$$(a'_2 + s'_{2_{cor.}})_I = 47{,}52 \text{ mm}$$

$$t'_2 = \frac{\pi \, D'_2}{z_2} = \frac{\pi \,.\, 374}{17} \qquad t'_2 = 69{,}1 \text{ mm}$$

tem-se, no semi-círculo auxiliar de diâmetro t'_2

$$\beta'_{2_I} = 43^\circ{,}45$$

Êste ângulo introduzido no diagrama de Cammerer dá, sôbre o arco de circulo de centro O e raio w'_{2_I}:

para a segunda tentativa — $c'_{2_{II}} = 0{,}45$.

Com a nova hipotenusa $\sqrt{r_h + c'^2_{2_{II}}}$, obtida gràficamente, repete-se o diagrama, e acha-se

$$w'_{2_{II}} = 0{,}691$$

Anàlogamente será:

$$a'_{2_{II}} = \frac{0{,}4}{17 \,.\, 0{,}1298 \,.\, 0{,}691 \,.\, 6{,}718} \qquad a'_{2_{II}} = 39{,}05 \text{ mm}$$

$$(a'_2 + s'_{2_{cor.}})_{II} = 45{,}27$$

obtendo-se do semi-círculo auxiliar

$$\beta'_{2_{II}} = 40^\circ{,}9$$

e no diagrama, para a terceira tentativa — $c'_{2_{III}} = 0{,}459$.

Desta tentativa resultam as grandezas

$$w'_{2_{III}} = 0{,}697$$

$$a'_{2_{III}} = \frac{0{,}4}{17 \,.\, 0{,}1298 \,.\, 0{,}697 \,.\, 6{,}718} \qquad a'_{2_{III}} = 38{,}72 \text{ mm}$$

$$(a'_2 + s'_{cor.})_{III} = 44{,}94$$

e chega-se a valores de β'_2 e c'_2 que, por concordarem com os anteriores, se tomam por definitivos:

$$\text{sen}\, \beta'_{2_{III}} = \text{sen}\, \beta'_2 = \frac{44{,}94}{69{,}1} = 0{,}65 \qquad \underline{\beta'_2 = 40^\circ{,}5} \qquad 40^\circ\ 30'$$

$$\underline{c'_2 = 0{,}463}$$

$$\underline{w'_2 = 0{,}697}$$

Fig. 24: $u''_1 = 0{,}681$ $c''_1 = 0{,}705$ $w''_1 = 0{,}41$

$u''_2 = 0{,}6475$ $c''_{2\,1} = c''_{m2} = 0{,}3696$

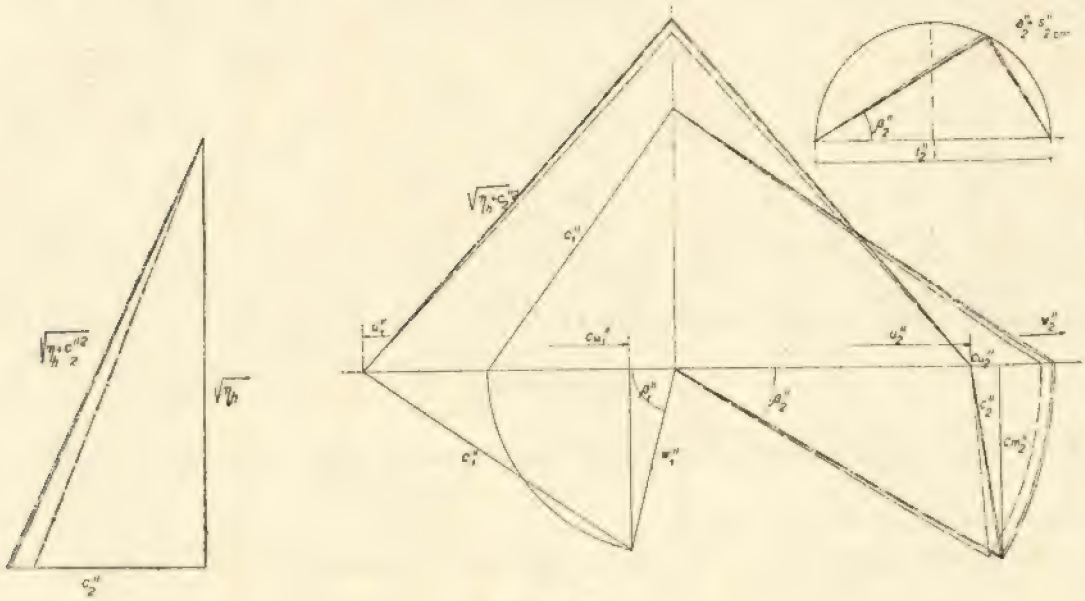


Fig. 24

Confirmado: $w''_{2_I} = 0{,}798$

$$a''_{2\,I} = \frac{\Delta Q}{z_2 \,.\, \Delta l''_2 \,.\, w''_{2\,I}\sqrt{2gH}} = \frac{0{,}4}{17 \,.\, 0{,}926 \,.\, 0{,}798 \,.\, 6{,}718} \qquad a''_{2\,I} = 47{,}34 \text{ mm}$$

$$s''_{2\,cor.} = \frac{s''_2}{\cos \gamma''_2} = \frac{5}{\cos 42} = \frac{5}{0{,}743} \qquad s''_{2\,cor.} = 6{,}73$$

$$(a''_2 + s''_{2\,cor.})_I = 54{,}07$$

$$t''_2 = \frac{\pi D''_2}{z_2} = \frac{\pi \,.\, 554}{17} \qquad t''_2 = 102{,}32$$

No meio círculo auxiliar: β''_{2_I} que se transpõe gràficamente, sem que interesse registar o seu valor, para o diagrama, onde, como valor inicial para a segunda tentativa, se mede — $c''_{2_{II}}$.

Gràficamente, ainda, resulta

$$w''_{2\,II} = 0{,}824$$

$$a''_{2\,II} = \frac{0{,}4}{17 \,.\, 0{,}926 \,.\, 0{,}824 \,.\, 6{,}718} \qquad a''_{2\,II} = 45{,}85 \text{ mm}$$

$$(a''_2 + s''_{2\,cor.})_{II} = 52{,}58$$

e do semi-círculo: $\beta''_{2\,II}$

Terceira tentativa — $c''_{2\,III}$: do diagrama

$$w''_{2\,III} = 0{,}826$$

$$a''_{2\,III} = \frac{0{,}4}{17 \,.\, 0{,}926 \,.\, 0{,}826 \,.\, 6{,}718} \qquad a''_{2\,III} = 45{,}9$$

$$(a''_2 + s''_{2\,cor.})_{III} = 52{,}63$$

Valores definitivos:

$$\operatorname{sen} \beta''_{2\,III} = \operatorname{sen} \beta''_2 = \frac{52{,}63}{102{,}32} = 0{,}5136 \qquad \underline{\beta''_2 = 30^\circ{,}9} \qquad 30^\circ\ 54'4$$

$$\underline{c''_2 = 0{,}826}$$

$$\underline{w''_2 = 0{,}429}$$

Turbina parcial III

Fig. 25: $u'''_1 = 0{,}834$ $\quad c'''_1 = 0{,}613$ $\quad w'''_1 = 0{,}525$

$u'''_2 = 0{,}87$ $\quad c'''_{2\,I} = c'''_{m2} = 0{,}333$

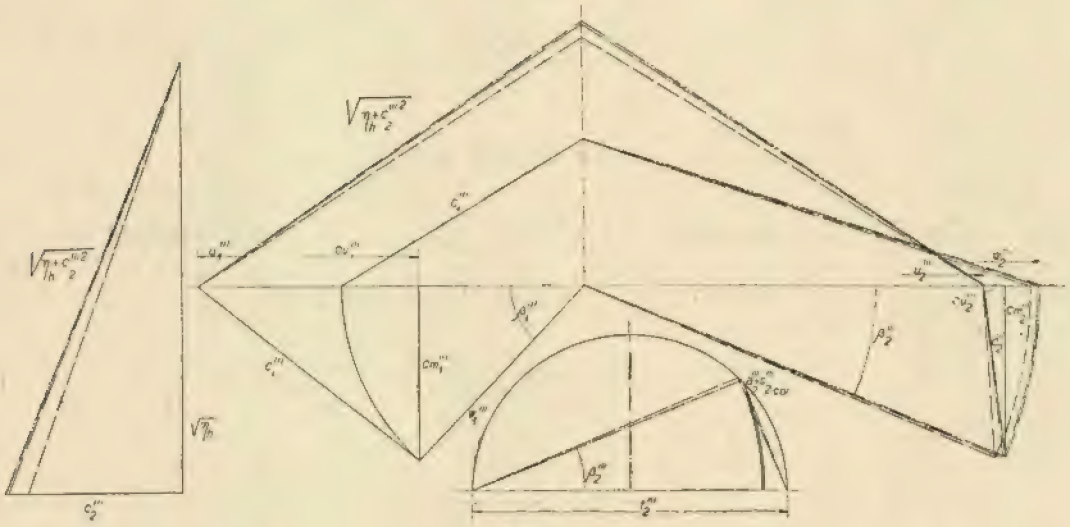


Fig. 25

$$w'''_{2\,I} = 0{,}973$$

$$a'''_{2\,I} = \frac{\Delta Q}{z_2 \,.\, \Delta l'''_2 \,.\, w'''_{2\,I} \sqrt{2\,g\,H}} = \frac{0{,}4}{17 \,.\, 0{,}763 \,.\, 0{,}973 \,.\, 6{,}718} \qquad a'''_{2\,I} = 47{,}2 \text{ mm}$$

$$s'''_{2\,cor.} = \frac{s'''_2}{\cos \gamma'''_2} = \frac{5}{\cos 33{,}2} \qquad s''_{2\,cor.} = 5{,}98$$

$$(a'''_2 + s'''_{2\,cor.})_I = 53{,}18$$

$$t'''_2 = \frac{\pi D'''_2}{z_2} = \frac{\pi \,.\, 744{,}6}{17} \qquad t'''_2 = 137{,}53$$

$$\beta'''_{2\,I}$$

Segunda tentativa — $c'''_{2\,II}$:

$$w'''_{2II} = 0{,}99$$

$$w'''_{2II} = \frac{0{,}4}{17 \,.\, 0{,}763 \,.\, 0{,}99 \,.\, 6{,}718} \qquad a'''_{2\,II} = 46{,}34 \text{ mm}$$

$$(a'''_2 + s'''_{2\,cor.})_{II} = 52{,}32$$

$$\beta'''_{2II}$$

Terceira tentativa — $c'''_{2\,III}$:

$$w'''_{2III} = 0{,}9927$$

$$a'''_{2III} = \frac{0{,}4}{17 \,.\, 0{,}763 \,.\, 0{,}9927 \,.\, 6{,}718} \qquad a'''_{2III} = 46{,}25 \text{ mm}$$

$$(a'''_2 + s'''_{2\,cor.})_{III} = 52{,}23$$

Valores definitivos:

$$\text{sen}\ \beta'''_{2III} = \frac{52{,}23}{137{,}53} = 0{,}38 \qquad \underline{\beta'''_2 = 22^\circ{,}33} \qquad 22^\circ\ 20'$$

$$\underline{c'''_2 = 0{,}381}$$

$$\underline{w'''_2 = 0{,}993}$$

Turbina parcial IV

Fig. 26: $u'^{IV}_1 = 0{,}988$ $\quad c'^{IV}_1 = 0{,}545$ $\quad w'^{IV}_1 = 0{,}6925$

$u'^{IV}_2 = 1{,}06$ $\quad c'^{IV}_{21} = c'^{IV}_{m2} = 0{,}3077$

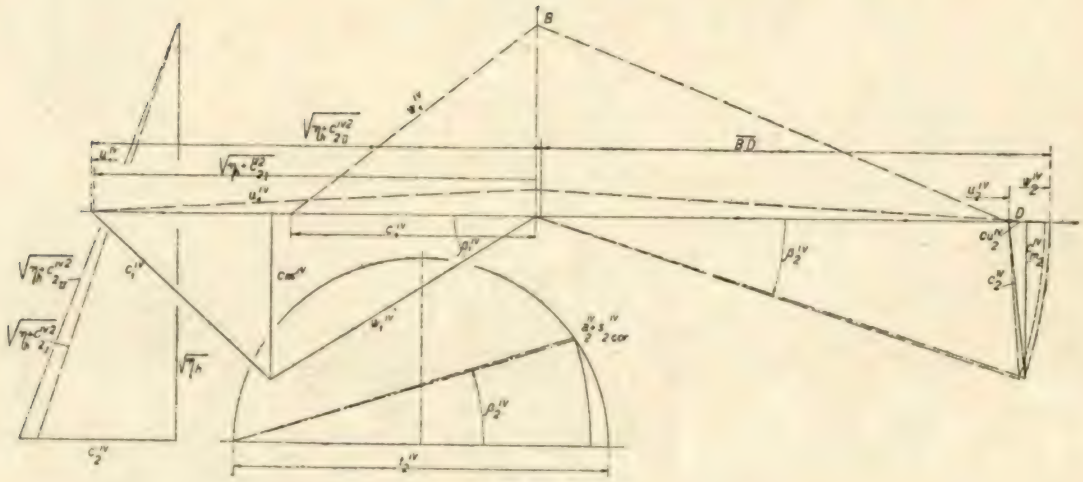
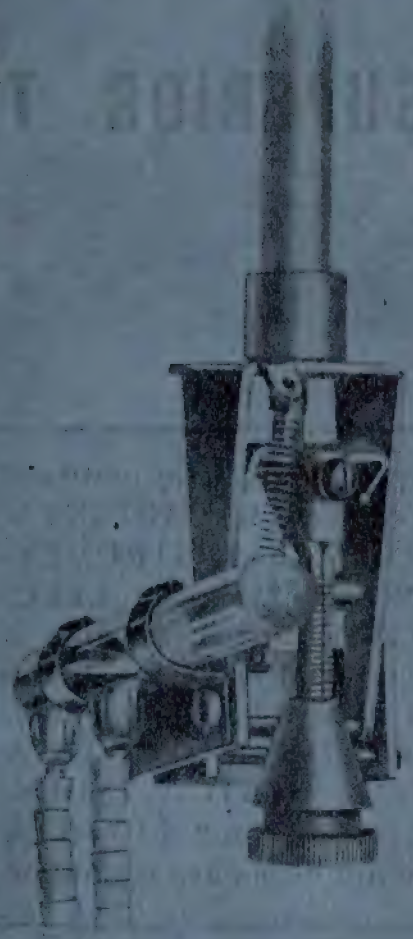


Fig. 26

$$w'^{IV}_{21} = 1{,}14$$

$$a'^{IV}_{21} = \frac{\Delta Q}{z_2 \,.\, \Delta l'^{IV}_2 \,.\, w'^{IV}_{21} \sqrt{2gH}} = \frac{0{,}4}{17 \,.\, 0{,}678 \,.\, 1{,}14 \,.\, 6{,}718} \qquad a'^{IV}_{21} = 45{,}28 \text{ mm}$$

TERMOSTATOS



ING RICHARD

FONOVITS

KOMMANDITGESELLSCHAFT

WIEN

HERMANN GÖRINGPLATZ 10

OFICINAS E LABORATÓRIOS

DO

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

$$s'^{V}_{2\,cor.} = \frac{s_2}{\cos \gamma'^{V}_2} = \frac{5}{\cos 23} \qquad s'^{V}_{2\,cor.} = 5{,}43$$

$$(a'^{V}_2 + s'^{V}_{2\,cor.})_I = 50{,}71$$

$$t'^{V}_2 = \frac{\pi D'^{V}_2}{z_2} = \frac{\pi \cdot 907{,}6}{17} \qquad t'^{V}_2 = 167{,}63$$

$$\beta'^{V}_{2\,I}$$

Segunda tentativa — $c'^{V}_{2\,II}$:

$$w'^{V}_{2\,II} = 1{,}152$$

$$a'^{V}_{2\,II} = \frac{0{,}4}{17 \cdot 0{,}678 \cdot 1{,}152 \cdot 6{,}718} \qquad a'^{V}_{2\,II} = 44{,}80 \text{ mm}$$

$$(a'^{V}_2 + s'^{V}_{2\,cor.})_{II} = 50{,}23$$

$$\beta'^{V}_{2\,II}$$

No semi-círculo, encontra-se agora, ao marcar êste ângulo, uma diferença tão pequena que se tomam como definitivos

$$\text{sen}\, \beta'^{V}_{2\,II} = \text{sen}\, \beta'^{V}_2 = \frac{50{,}23}{167{,}63} = 0{,}30 \qquad \underline{\beta'^{V}_2 = 17^\circ{,}43} \qquad 17^\circ\, 26'$$

$$\underline{c'^{V}_2 = 0{,}35}$$

$$\underline{w'^{V}_2 = 1{,}152}$$

Turbina parcial V

Fig. 27: $u^{V}_1 = 1{,}13$ $\quad c^{V}_1 = 0{,}495$ $\quad w^{V}_1 = 0{,}8525$

$u^{V}_2 = 1{,}217$ $\quad c^{V}_{2\,I} = c^{V}_{m\,I} = 0{,}2973$

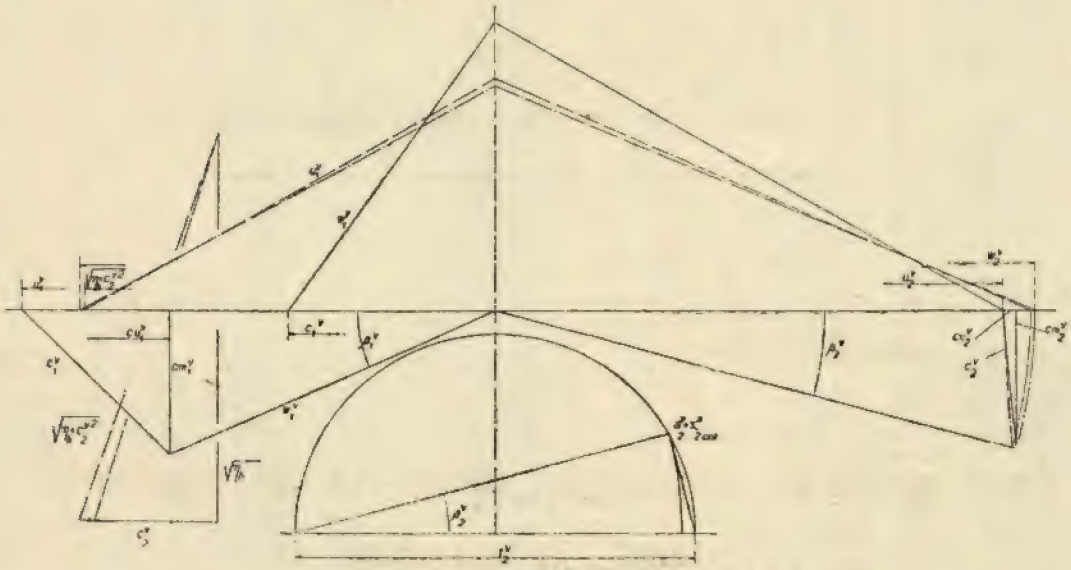


Fig. 27

$$w^{V}{}_{2\,I} = 1{,}284$$

$$a^{V}{}_{2\,I} = \frac{\Delta Q}{z_2 \,.\, \Delta l^{V}{}_2 \,.\, w^{V}{}_{2\,I} \sqrt{2gH}} = \frac{0{,}4}{17 \,.\, 0{,}612 \,.\, 1{,}284 \,.\, 6{,}718} \qquad a^{V}{}_{2\,I} = 44{,}56 \text{ mm}$$

$$s^{V}{}_{2\,cor.} = \frac{s^{V}{}_2}{\cos \gamma^{V}{}_2} = \frac{5}{\cos 12{,}25} \qquad s^{V}{}_{2\,cor.} = 5{,}12$$

$$(a_2 + s_{2\,cor.})_I = 49{,}68$$

$$t^{V}{}_2 = \frac{\pi \, D^{V}{}_2}{z_2} = \frac{\pi \,.\, 1041{,}8}{17} \qquad t^{V}{}_2 = 192{,}41$$

$$\beta^{V}{}_{2\,I}$$

Segunda tentativa — $c^{V}{}_{2\,II}$:

$$w^{V}{}_{2\,II} = 1{,}2923$$

$$a^{V}{}_{2\,II} = \frac{0{,}4}{17 \,.\, 0{,}612 \,.\, 1{,}2923 \,.\, 6{,}718} \qquad a^{V}{}_{2\,II} = 44{,}28 \text{ mm}$$

$$(a^{V}{}_2 + s^{V}{}_{2\,cor.}) = 49{,}40$$

$$\beta^{V}{}_{2\,II}$$

Valores definitivos:

$$\text{sen } \beta^{V}{}_{2\,II} = \text{sen } \beta_2 = \frac{49{,}40}{192{,}41} = 0{,}2567 \qquad \underline{\beta^{V}{}_2 = 14^{\circ}87} \qquad 14^{\circ}\ 52'{,}5$$

$$\underline{c^{V}{}_2 = 0{,}335}$$

$$\underline{w^{V}{}_2 = 1{,}2923}$$

Redução dos ângulos β_1 e β_2 dos diagramas às superfícies de corte

Como superfícies de corte consideram-se, para tôdas as turbinas parciais, as superfícies cilíndricas passando pelos pontos de cruzamento das respectivas linhas médias com as arestas de entrada e de saída; e para a turbina I considera-se ainda a superfície cónica de geratriz K, fig. 28.

No desenho medem-se, para êsses pontos, os ângulos γ e γ' da normal às arestas com a tangente à linha média e com a geratriz da superfície de corte.

No caso da superfície cónica da turbina I, será, para a entrada:

$$\text{tg } \beta_{1k}^{*} = \text{tg } \beta_1 \frac{\cos \gamma_1}{\cos \gamma'_{1k}}$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{tg } \beta_1 \\ \text{tg } \gamma_1 \end{array}\right\} \text{ do quadro de valores que adiante se apresenta}$$

$$\gamma'_{1k} = 43{,}7 \qquad \cos \gamma'_{1k} = 0{,}723$$

$$\text{tg } \beta_{1k}^{*} = 5{,}12$$

$$\beta_{1k}^{*} = 91^{\circ}\ 3' \quad (91^{\circ}{,}05)$$

e para a saída

$$\text{tg } \beta_{2k}^{*} = \text{tg } \beta_2 \frac{\cos \gamma_2}{\cos \gamma'_{2k}}$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{tg } \beta_2 \\ \cos \gamma_2 \end{array}\right\} \text{ do quadro}$$

$$\gamma'_{2k} = 29^{\circ} \qquad \cos \gamma'_{2k} = 0{,}875$$

$$\text{tg } \beta_{2k}^{*} = 0{,}885$$

$$\beta_{2k}^{*} = 41^{\circ}\ \ 30'{,}6 \quad (41^{\circ}{,}51)$$

Para as superfícies cilíndricas aplica-se anàlogamente

$$\operatorname{tg} \beta_1^* = \operatorname{tg} \beta_1 \frac{\cos \gamma_1}{\cos \gamma'_1}$$

$$\operatorname{tg} \beta_2^* = \operatorname{tg} \beta_2 \frac{\cos \gamma_2}{\cos \gamma'_2}$$

e tem-se os seguintes quadros de valores numéricos:

Entrada

Cortes cilíndricos	β_1	γ_1	γ'_1	$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{c_{m1}}{u_1 - c_{u1}}$	$\cos \gamma_1$	$\cos \gamma'_1$	$\operatorname{tg} \beta_1^*$	β_1^*
I	102° 32',5	34° 30'	83° 48'	4,495	0,824	0,108	34,3	91° 40',2
II	76° 12',7	31° 42'	52° 48	4,075	0,85	0,605	5,73	80° 6'
III	47° 5'	24° 24'	27° 54'	1,075	0,9107	0,884	1,108	47° 55'
IV	32° 15	20°	8°	0,63	0,9397	0,990	0,598	30° 52'
V	24° 10	16° 12'	9° 48'	0,4485	0,960	0,985	0,437	23° 35'

Saída

Cortes cilíndricos	β_2	γ_2	γ'_2	$\operatorname{tg} \beta_2$	$\cos \gamma_2$	$\cos \gamma'_2$	$\operatorname{tg} \beta_2^*$	β_2^*
I	40° 30'	36° 30'	69° 15'	0,854	0,804	0,354	1,938	62° 42,4
II	30° 54',4	42°	38° 12'	0,599	0,743	0,786	0,566	29° 30',5
III	22° 20'	33° 12'	15° 15'	0,411	0,837	0,965	0,357	19° 37'
IV	17° 26	23°	1° 42'	0,314	0,921	0,999	0,289	16° 7'
V	14° 52',5	12° 15'	15° 47'	0,266	0,977	0,962	0,270	15° 5',6

Na prática basta porém considerar um dêstes sistemas de cortes — o que se refere, por exemplo, aos pontos da aresta de saída — utilizando-se então o primeiro quadro para construir

a curva da variação de β_1^* ao longo da aresta de entrada, fig. 29, a qual permite obter, por interpolação, os valores dêste ângulo para os pontos da aresta situados nas superfícies de corte.

Estes elementos, reünidos aos que se determinaram anteriormente, constituem, para o estudo que se segue, da forma das pás, a definir em planta, o seguinte quadro de valores, em que, por desnecessário, se exclue o corte cilíndrico da turbina I:

Ângulos de entrada	Ângulos à saída	Passos à saída	Passo da turbina elementar I, à entrada	Espessura das pás nas superfícies dos cortes
$\beta^*_{1k} = 91^\circ\, 3'$	$\beta^*_{2k} = 41^\circ\, 30'16$	$t'_2 = 60{,}11$	$t'_1 = 92{,}88$	$s_k = \frac{5}{\cos \gamma'_{2k}} = 5{,}71$
$\beta_{*1\,II} = 85^\circ$	$\beta^*_{2\,II} = 29^\circ\, 30'15$	$t''_2 = 102{,}32$		$s_{II} = \frac{5}{\cos \gamma_{2\,II}} = 6{,}36$
$\beta_{*1\,III} = 42^\circ\, 45'$	$\beta^*_{2\,III} = 19^\circ\, 37'$	$t'''_2 = 137{,}63$		$s_{III} = \frac{5}{\cos \gamma_{2\,III}} = 5{,}18$
$\beta^*_{1\,IV} - 26^\circ\, 20'$	$\beta^*_{2\,IV} = 16^\circ\, 7'$	$t^{IV}_2 = 167{,}63$		$s_{IV} = \frac{5}{\cos \gamma_{2\,IV}} = 5$
$\beta^*_{1\,V} = 22$	$\beta^*_{3\,V} = 15^\circ\, 5'15$	$t^{V}_2 = 192{,}42$		$s_V = \frac{5}{\cos \gamma_{2\,V}} = 5{,}2$

A estas grandezas junta-se ainda a altura das pás medida em alçado, segundo as geratrizes das superfícies de corte, e a extensão circunferencial que elas apresentam nessas superfícies, como conseqüência de se ter fixado, em relação à aresta de saída, a posição da aresta de entrada, cuja direcção em planta convém que seja radial, para facilitar posteriormente o trabalho de execução na oficina.

Desenham-se então, fig. 30 — definindo-os primeiro nas regiões extremas com estes elementos e completando-os depois na região média por um critério de regular distribuïção de curvaturas — os perfis das pás nos sucessivos desenvolvimentos das superfícies de corte: superfície cónica de geratriz K para a turbina I e superfícies cilíndricas para as restantes.

Mas já para isso é necessário fazer intervir a seguinte regra que relaciona êsses perfis com as representações das pás no alçado e em planta:

«As dimensões dos desenvolvimentos tomadas segundo as geratrizes daquelas superfícies, conservam-se constantes no alçado; e as que se medem normalmente a essas geratrizes, constantes em planta».

Esta mesma regra preside em seguida ao estudo dos cortes dos planos horizontais, regulando o transporte, para a planta, dos pontos de cruzamento de cada perfil com êsses planos. A união dos pontos obtidos, relativos a um mesmo plano, dá a projecção em planta do respectivo corte com a superfície das pás.

Nas figuras vê-se exemplificado o transporte do ponto x, feito com o auxílio das dimensões t_x e g_x e do ponto y com t_y e g_y.

A planta de cortes e o respectivo alçado constituem os elementos essenciais para o trabalho posterior de execução da roda.

(*) Os mesmos que para a entrada, em tôdas as turbinas menos a primeira, por se tratar de perfis em cortes cilíndricos.

Verificação do caudal escoado

Basta fazer a soma dos caudais parciais representados por

$$\Delta Q = \pi D_2 \Delta_2 c_{m2} \sqrt{2 g H} . \frac{t_2 - \Delta_2}{t_2}$$

em que Δ_2 é a dimensão circunferencial da espessura das pás, fig. 10, dada por

$$\Delta_2 = \frac{s_{2\,cor.}}{\operatorname{sen} \beta_2}$$

$$\Delta'_2 = \frac{6{,}22}{0{,}65} = 9{,}57 \text{ mm} \quad \left(\frac{t_2 - \Delta_2}{t_2}\right)' = 0{,}862$$

$$\Delta''_2 = \frac{6{,}73}{0{,}5136} = 13{,}10 \quad \left(\frac{t_2 - \Delta_2}{t_2}\right)'' = 0{,}8725$$

$$\Delta'''_2 = \frac{5{,}975}{0{,}38} = 15{,}75 \quad \left(\frac{t_2 - \Delta_2}{t_2}\right)''' = 0{,}886$$

$$\Delta^{IV}_2 = \frac{5{,}43}{0{,}30} = 18{,}1 \quad \left(\frac{t_2 - \Delta_2}{t_2}\right)^{IV} = 0{,}892$$

$$\Delta^{V}_2 = \frac{5{,}12}{0{,}257} = 20{,}0 \quad \left(\frac{t_2 - \Delta_2}{t_2}\right)^{V} = 0{,}897$$

$$\Delta Q' = \pi . 0{,}374 . 0{,}1298 . 0{,}4535 . 0{,}862 . 6{,}718 = 0{,}4010 \text{ m}^3$$

$$\Delta Q'' = \pi . 0{,}554 . 0{,}0926 . 0{,}424 . 0{,}8725 . 6{,}718 = 0{,}4010$$

$$\Delta Q''' = \pi . 0{,}7446 . 0{,}0763 . 0{,}378 . 0{,}886 . 6{,}718 = 0{,}4025$$

$$\Delta Q^{IV} = \pi . 0{,}9076 . 0{,}0678 . 0{,}3475 . 0{,}892 . 6{,}718 = 0{,}4033$$

$$\Delta Q^{V} = \pi . 1{,}0418 . 0{,}0612 . 0{,}334 . 0{,}8965 . 6{,}718 = 0{,}4033$$

$$Q = 2{,}0111 \text{ m}^3$$

Portanto: $\frac{11}{2000} . 100 = 0{,}55\,\%$ de diferença em relação ao caudal proposto.

Rendimento hidráulico

É dado pela média dos rendimentos hidráulicos parciais, que por sua vez se calculam empregando a conhecida expressão da teoria das turbinas

$$\eta_h = 2 (u_1 c_{u1} - u_2 c_{u2})$$

e medindo c_{u1} e c_{u2} nos diagramas de Cammerer.

$$\eta'_h = 2 \,.\, (0{,}587 \,.\, 0{,}676 + 0{,}437 \,.\, 0{,}0925) = 0{,}874$$

$$\eta''_h = 2 \,.\, (0{,}681 \,.\, 0{,}5835 + 0{,}6475 \,.\, 0{,}062) = 0{,}875$$

$$\eta'''_h = 2 \,.\, (0{,}834 \,.\, 0{,}476 + 0{,}87 \,.\, 0{,}0485) = 0{,}878$$

$$\eta'^{V}_h = 2 \,.\, (0{,}988 \,.\, 0{,}4018 + 1{,}06 \,.\, 0{,}0385) = 0{,}875$$

$$\eta^{V}_h = 2 \,.\, (1{,}13 \,.\, 0{,}351 + 1{,}217 \,.\, 0{,}033) = 0{,}874$$

$$\eta_h = \frac{\eta'_h + \eta''_h + \eta'''_h + \eta'^{V} + \eta^{V}}{m} = \frac{4{,}376}{5}$$

$$\eta_h = 0{,}875$$

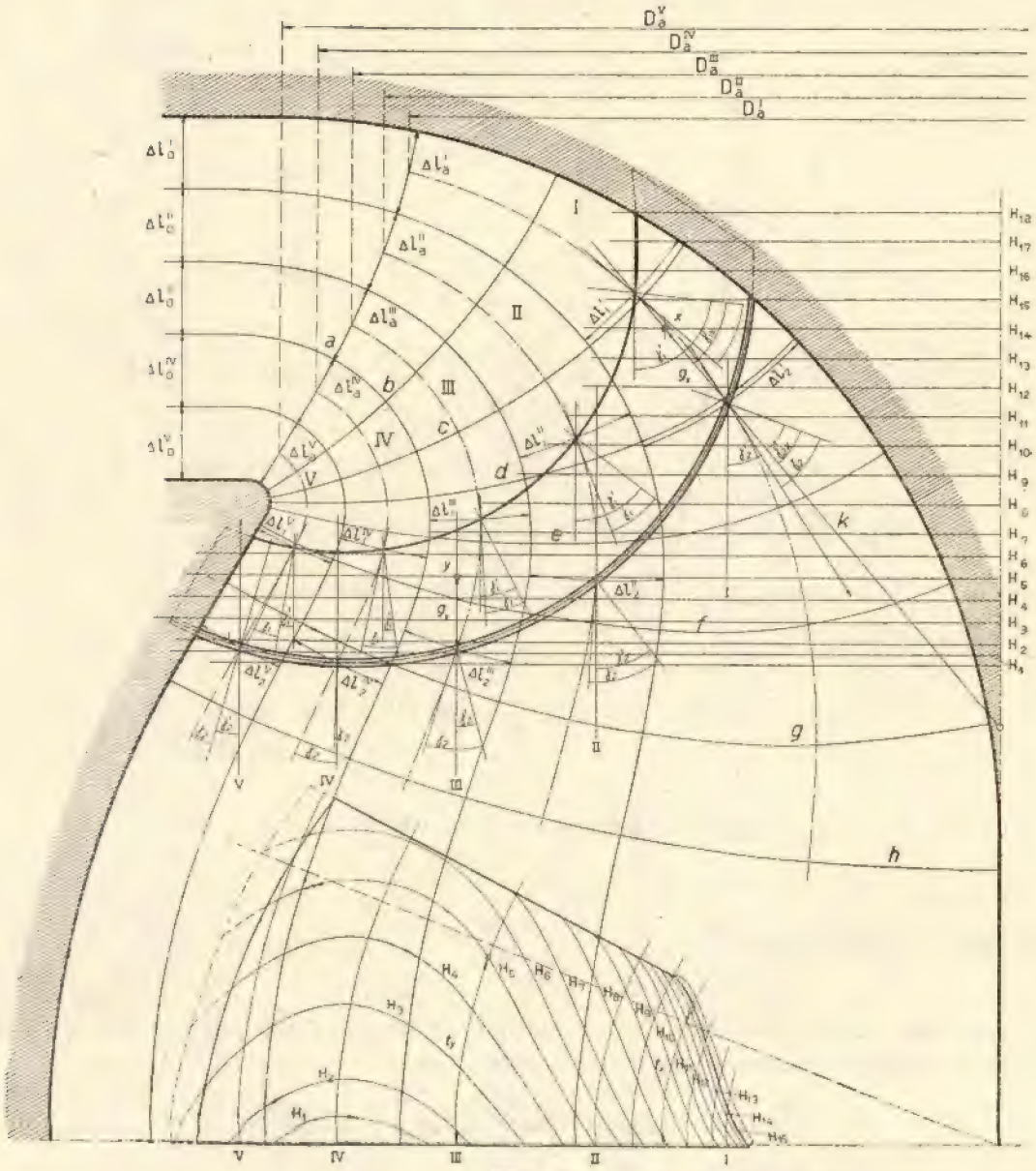


Fig. 28

Mais simplesmente e duma forma aproximada, pode recorrer-se ao valor médio de c_2:

$$c'_2 = 0{,}463$$

$$c''_2 = 0{,}429$$

$$c'''_2 = 0{,}381$$

$$c^{IV}_2 = 0{,}350$$

$$c^{V}_2 = 0{,}335$$

$$c_2 = \frac{1{,}958}{5} = 0{,}3919$$

e fixando na expressão

$$\eta_h = 1 - c^2_r - c^2_2 + \eta_s (c^2_2 - c^2_3)$$

as percentagens de perdas

$$c^2_r = 0{,}04$$

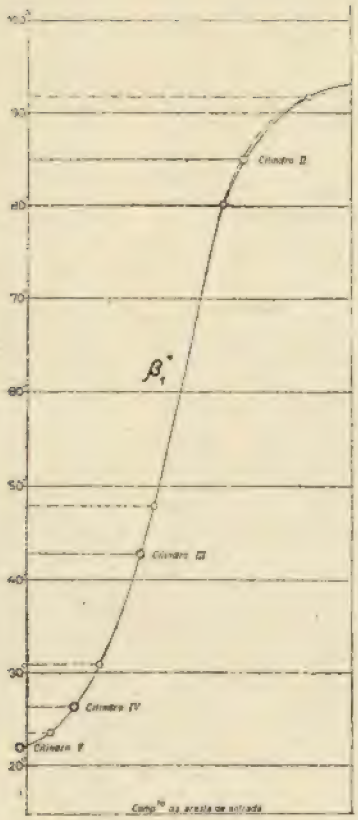


Fig 29

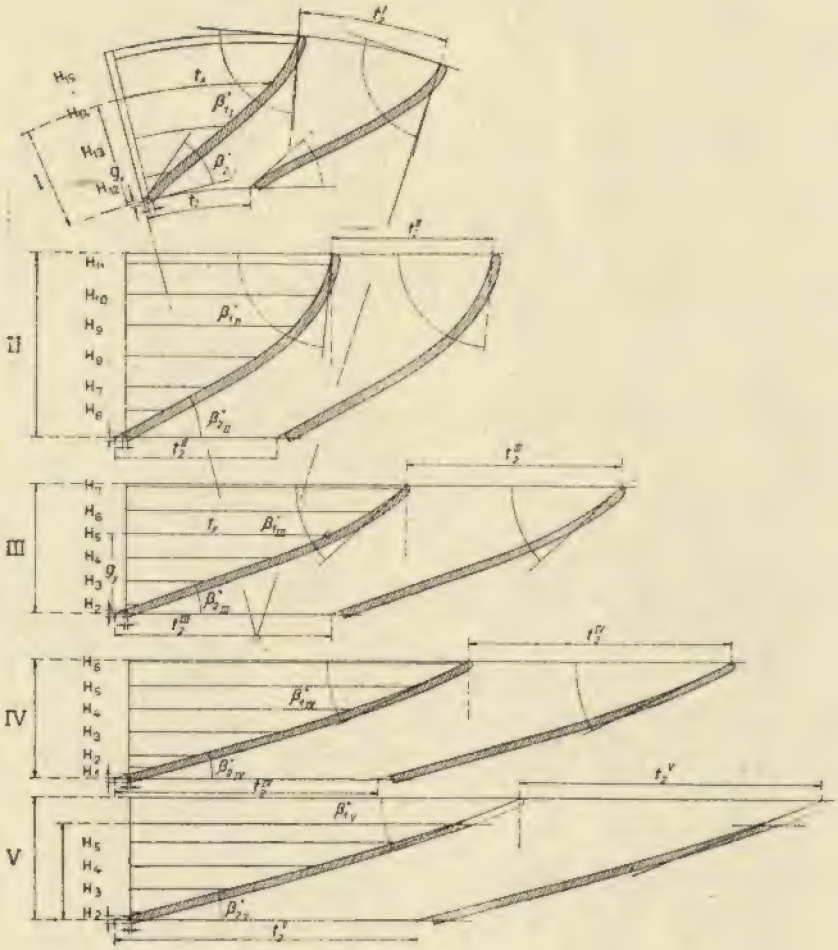


Fig. 30

o rendimento do difusor

$$\eta^2_s = 0{,}725$$

e a velocidade real à saída dêste órgão

$$C_3 = 0^m{,}5 \text{ ou } c_3 = \frac{0{,}5}{\sqrt{2gH}} = \frac{0{,}5}{6{,}718} = 0{,}0744$$

Substituindo, vem:

$$\eta_h = 1 - 0{,}04 - 0{,}3916^2 + 0{,}725\,(0{,}3916^2 - 0{,}0744^2)$$

$$\eta_h = 0{,}878$$

E o cálculo do difusor faz-se de acôrdo com o valor fixado a c_3, devendo obter-se o rendimento que lhe foi atribuído.

QUALIDADE E QUANTIDADE

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL A. M. DA PAIXÃO

Neste mundo, nada mais útil do que aperfeiçoar o que é simples, nada mais difícil do que simplificar o que é perfeito.

Compreende-se assim o esfôrço constante do Homem na construção dêste mundo artificial num Universo, onde a simplicidade é um motivo de desinterêsse e a perfeição um motivo de dúvida. Só o que é confuso tem foros de valor, só o que é obscuro tem atributos de beleza.

Porém, as leis da natureza são simples e perfeitas; simplicidade, que não dispensa atencioso estudo, perfeição, que exige permanente sacrifício e desinterêsse absoluto.

Quanto trabalho sem resultado, que não deve ser dado como perdido e muito menos como inútil; quanta coragem precisa, para reconhecer com a necessária honestidade, que o fenómeno esperado não se realizou de acôrdo com a nossa previsão; e, quanta paciência, para esperar que a probabilidade aumente, pouco a pouco, até que o seu valor seja o indício de realização de uma esperança e de um sucesso merecido.

Qualquer fenómeno requere para a sua correcta interpretação o conhecimento profundo de um conjunto de leis, de tal modo que a passagem de uma a outras se faça insensìvelmente, sem soluções de continuïdade, sem reservas por excepções a prever, ou, restrições por particularidades a considerar.

Não que procuremos explicar uma lei com outra lei, mas, porque é necessário estabelecer uma correspondência completa e contínua entre os diversos factos, que uma experiência nos revela.

Ao lado da análise e da síntese, a imaginação aparece-nos como elemento indispensável ao conhecimento e progresso científico; porém, é a própria ciência que lhe traça um caminho e lhe marca um limite.

E assim guiada, nunca como hoje ela foi tão necessária à indispensável representação mental de qualquer fenómeno, e, materialização de qualquer pensamento.

Torturado na preocupação constante de saber, no desejo louvável e orgulhoso de descobrir, o homem prefere à sua ignorância, a ficção de uma hipótese, disposto a pagar a sua ousadia com novos trabalhos, sem desanimar e até com prazer, se um raciocínio lhe mostra a impossibilidade da sua confirmação.

Mas quaisquer que sejam os dons da nossa imaginação, quer ela se estenda aos domínios infinitamente grandes das galaxias em expansão, ou, aos domínios infinitamente pequenos das rosáceas descritas pelos electrões dentro de um átomo, a realidade é sempre mais bela, mais grandiosa e simples.

***

Para o engenheiro, a substância metálica, metal ou liga, foi até ao princípio dêste século, um todo homogéneo, ao qual se aplicavam, rigorosamente, os princípios matemáticos de Lamé e de Saint Venant.

Dêste modo, os problemas a resolver eram todos de ordem quantitativa, e só mais tarde, em face das exigências e das necessidades crescentes da técnica, se notou, que além do número dado pelo cálculo havia outros elementos a considerar.

E dêste modo, sem grande esfôrço e com a maior naturalidade, aparece-nos o conceito *de qualidade do material,* e ao lado do número valor, resultado final de um problema resolvido, o aspecto qualitativo,

introduzindo novos factores, impondo novas condições, adquire importância fundamental.

A industria dos transportes foi a primeira a utilizar a peça metálica a alta resistência sob um volume e pêso reduzidos.

Depois, a construção civil, na construção das pontes, principalmente, e em tôdas as estruturas metálicas de responsabilidade de um modo geral, passou a empregar êsses materiais novos, que são o orgulho do metalurgista, onde, com a segurança, a economia, pelo ganho de pêso e de duração, é garantia de um mais rápido progresso da civilização e de um maior bem estar da humanidade.

É sabido que as características mecânicas das ligas podem ser classificadas em três grupos:

Resistência oposta à deformação definida geralmente pela carga de ruptura, pelo limite elástico, pela dureza Brinell, Shore ou Rockwell.

A capacidade de deformação estática definida pelo alongamento centésimal, ou, pela estricção da barreta de tracção, ou ainda, por um ensaio de pliagem.

A ductibilidade dinâmica definida geralmente pela resiliência, ou, por outros ensaios de choque.

Ora, é pela adição de quantidades variáveis, mas convenientemente doseadas, de certos elementos (depende da liga), ou, por tratamentos térmicos apropriados, que procuramos melhorar as suas características, e, é possível, mesmo, chegar a produtos metalúrgicos de composição química diferente com as mesmas características mecânicas.

Não se trata aqui de um mero problema de substituïção que as circunstâncias actuais nos obrigam a resolver de qualquer modo, independentemente até, de considerações económicas.

O que nos interessa é o aspecto qualitativo dêsse problema.

Sabemos, que a substância metálica possui uma estrutura eminentemente cristalina, e, a não ser que se trate de uma propriedade escalar, as propriedades dos sistemas a cristais múltiplos são determinadas pelo comportamento da célula elementar isolada.

Dêste modo, é de esperar, a compreensão do comportamento físico de uma peça metálica só é possível pelo conhecimento do comportamento do cristal isolado e da disposição dos cristais na peça.

Podemos considerar o espaço cristalino como sendo um conjunto material, real ou virtualmente isolado, em que cada um dos elementos constituintes é um cristal. É pois, descontínuo e anisotropo.

Entre dois pontos quaisquer dêste espaço, é possível definir um elemento de distância ds em função das grandesas s_{ik} (i, k = = 1, 2, 3) que caracterizam uma dada substância cristalina.

Os pontos que definem dois elementos diferenciais ds paralelos são chamados *pontos idênticos.*

Os pontos idênticos são os suportes ideais da entidade material que é o átomo. Êstes distribuem-se de tal modo que a distância inter-atómica é constante para um dado elemento químico.

Um conjunto limitado de pontos idênticos constitui a *característica* dêsse elemento, que pode ser considerada como obtida por uma translação do vector definido por dois pontos idênticos, em tôrno de um elemento de simetria qualquer, plano, eixo ou ponto.

Cada ponto do espaço cristalino goza no conjunto material total de propriedades diferentes, e, cada propriedade, é caracterizada por duas grandezas, uma, escalar, relativa à composição química pontual, outra vectorial, de origem estrutural, e que pode ser representada por uma superfície, lugar geométrico dos pontos extremos dos vectores traçados a partir dêsse ponto em tôdas as direcções possíveis.

Apresentamos assim, a caracterização quantitativa da heterogenidade. Esta, que é a conseqüência da existência simultânea de domínios em equilíbrio a duas ou mais fases e de um gradiante de temperatura, é a razão apresentada para explicar uma série de fenómenos, e o interêsse do seu estudo científico e prático sendo grande, necessita, para que se lhe possa outorgar a

importância que possui, de uma caracterização quantitativa do conjunto.

Precisamos, além de conhecer os factores que a determinam e os elementos que a corrigem, estabelecer um padrão de medida e um têrmo de comparação.

Definidos que sejam o vector e a grandeza escalar característicos do valor da heterogenidade de um elemento cristalino de volume dV, a heterogenidade do conjunto é uma grandeza que se pode definir à custa do integral $\iiint \phi_{ik}\, dV$ extenso a todo o volume do sistema material considerado e onde ϕ_{ik} é a *amplitude da heterogenidade.*

Êste integral triplo não é escusada fantasia e uma dispensável fórmula matemática. Não. É a confirmação dessa teoria devida à intuição genial de um Girardet que nos afirma «*O ferro fundido não tem resistência própria*», acrescentando ainda: *um órgão de uma máquina é um conjunto de linhas cujas posições relativas são condicionadas com as direcções dos esforços que elas devem sofrer e devemos escolher no seu estudo a melhor forma compatível com o seu destino, mas susceptível de desenvolver as qualidades de resistência máxima.*

E mais: «*Já que não podemos eliminar o efeito gerador da heterogenidade, utilizemos em nosso proveito o que não podemos suprimir*».

A determinação da amplitude de heterogenidade, em geral, não é fácil. Se no caso da heterogenidade do primeiro grau (domínio da macrografia) essa determinação não oferece grandes dificuldades, no caso das heterogenidades do segundo e terceiro graus (domínios da micrografia e espectrografia pelos raios X) o problema só em certos casos particulares tem solução — caso das ligas magnéticas, cujo ponto de Curie varia ràpidamente com a concentração relativa dos elementos de liga — pois que, a análise química não possui ainda hoje os métodos analíticos com a sensibilidade necessária.

Mas não desesperemos. Estamos na fase inicial de um método de estudo que promete ser admirável de conseqüências e fecundo de resultados. Nem a necessária lentidão do seu desenvolvimento lhe diminui o valor, nem a imprecisão e incerteza dos primeiros resultados lhe ofusca o merecimento.

No estudo da cristalização de um sistema metálico a qualquer ponto do *liquidus* corresponde o aparecimento de um gérmen cristalino.

Os cristais formar-se-ão a partir dêste gérmen e são de duas naturezas: poliedros geométricos de faces planas correspondentes aos corpos puros (elementos ou compostos intermetálicos) e dendrites — cristais arborescentes — em todos os outros casos.

O desenvolvimento dos cristais dá-se por *crescimento paralelo* no primeiro caso (os cristais ficam sempre semelhantes a si mesmo) e por desenvolvimento, crescimento e multiplicação dos ramos no segundo.

Passamos assim de uma fase líquida considerada homogénea a uma fase sólida dispersa. Assim, a todo o ponto do *liquidus* podemos associar uma *fase crítica* (no sentido de Gibbs) o que nos permite dar para aquela linha e para o *solidus,* também, uma nova definição.

Mas tanto num como no outro caso o processus de cristalização é regido por dois factores característicos de cada sistema:

A velocidade de cristalização e o *número de Tammann,* isto é, o número de gérmens ou centros de cristalização que se formam, durante a unidade de tempo na unidade de volume.

Estes dois factores determinam a grandeza dos cristais, a sua posição recíproca, a forma dos grãos e a disposição dos grãos nos cristais. As fôrças de cristalização são-nos desconhecidas. O cristal cresce, segundo o seu sistema de cristalização, quer em cristais idiomorfos, quer em cristais alotriomorfos.

A temperatura de um sistema em solidificação varia no tempo e no espaço, e, num dado instante, o lugar geométrico dos pontos de igual temperatura é uma superfície isotérmica

Segundo uma trajectória normal a esta superfície, a temperatura varia e esta variação permite definir o gradiante de temperatura; a variação da temperatura em função

do tempo permite-nos definir a velocidade de arrefecimento.

Se o gradiante de temperatura é suficientemente pequeno, o aparecimento dos centros de cristalização é regular em tôda a massa liquida e a cristalização efectua-se segundo uma série de cristais em colunas primáticas, com os vértices por vezes aciculares, a que damos o nome de estrutura basáltica. Mas, pelo contrário, os cristais podem crescer em tôdas as direcções, simètricamente, com uma velocidade igual, partindo de um centro de cristalização, que será o centro de uma esfera, donde por intersecção com um plano horizontal, é possível determinar a curva de equilíbrio entre a fase cristalina e a fase líquida.

Temos assim uma cristalização esferoidal origem da estrutura radial. A homogenização do conjunto cristalino é uma segunda fase da cristalização e na qual intervém uma série de factores externos de diversas naturezas, designados pelo nome genérico de *factores de fundição.*

*
* *

Para qualquer liga metálica as propriedades físico-mecânicas são função da sua constituïção química e da sua estrutura.

Quanto aos constituintes podemos classificá-los em corpos simples, compostos intermetálicos, soluções sólidas e agregados, misturas eutécticas ou eutectóides. O estudo da constituïção química é feita à custa dos métodos de análise física: análise térmica, absolutamente geral, mas sem grande precisão e de deficiente sensibilidade; análise resistométrica de extraordinária sensibilidade, mas de interpretação difícil e por vezes confusa; análise dilatometrica de extrema precisão e à qual está reservada, científica e industrialmente, largo emprêgo e brilhante futuro. Os constituintes, quando em conjunto, podem distinguir-se quer pela côr própria, quer pela sua dureza, ou, pelo comportamento em face dos reagentes de ataque.

Sob o ponto de vista metalográfico, o estudo do modo de acção dos reagentes tem sido um pouco descuidado, pois que, aparentemente, o que interessa apenas, é o resultado final do ataque químico. Se até certo ponto isto é natural, não é menos verdade que êsse abandono é origem de uma série de erros, que dão origem a detestáveis descrições e a conclusões menos verdadeiras. Sempre que num exame metalográfico pomos de lado o mecanismo da acção do reagente de ataque, podemos afirmar, a conclusão final está errada, se se derem casos de aparecimento de *figuras de sincristalização.*

Esta designação, que é de Osmond, é infeliz, pois, pode dar origem a lamentável confusão. As figuras de sincristalização são uma associação de cristais de espécies diferentes, que além de ser *seléctiva é orientada e sem que o fenómeno de isomorfismo seja condição necessária ao seu aparecimento.* Um reagente de ataque pode actuar quer por corrosão, quer por oxidação contínua (formação de película sem dissolução da liga subjacente) ou ainda, por deposição metálica, sob a forma de pó mais ou menos aderente. Neste último caso, o exame microscópico pode incidir quer sôbre o depósito directamente (diferenciação) quer sôbre a liga depois de eliminarmos o depósito formado. É êste o processo de Bielinsky para o estudo da estrutura primária e secundária dos aços vazados, utilizando uma solução aquosa de sulfato de cobre a 1 %.

A acção do reagente depende das condições de ataque e da constituïção química e estrutural da liga. Temos de considerar de um lado a natureza do reagente, sua concentração e temperatura e ainda, todos os fenómenos electroquímicos a que êsse ataque pode dar origem; e do outro, a natureza química e a concentração das fases; o estado estrutural, a micrograndeza dos elementos de estrutura (fenómenos de coloração) e a sua orientação cristalográfica.

Quanto à estrutura temos de atender à forma, grandeza, repartição e agrupamento dos grãos cristalinos.

A sua influência sôbre as propriedades físico-mecânicas manifesta-se em três graus segundo a ordem de grandeza dos elementos observáveis:

— *Estrutura visível,* quer macroscópica

quer microscòpicamente, cujo estudo é objecto da metalografia óptica. Nenhum outro método físico-químico a pode substituir.

— *Estrutura invisível*, posta em evidência pela espectroradiografia — estrutura do grão cristalino e cujo elemento de estrutura é o átomo.

Indirectamente acessível à observação, é rigorosamente controlável.

O exame da estrutura pelos raios X consiste em observar a difracção de um feixe de raios X caindo sôbre um cristal.

O estudo de um metal pelos raios X, consiste, em deduzir da distribuïção e da intensidade do feixe de difracção, a natureza do arranjo atómico que a produziu. Temos de proceder por uma série de hipóteses sucessivas, até que uma delas, permitindo uma explicação lógica para uma série de factos conhecidos, é considerada como verdadeira.

— *Estrutura atómica*, cujos elementos de estrutura são o núcleo e os electrões. Na sua fase inicial, é a nossa imaginação ainda o melhor incentivo de trabalho e a principal fonte de conclusões. Estamos ainda num período cuja principal característica é a coesistência de resultados maravilhosos, sucessos fantásticos — e de uma ignorância profunda para não dizermos completa.

Os problemas da Metalurgia de ordem quantitativa foram resolvidos com a colaboração das engenharias Electrotécnica e de Máquinas. Procurando resolver os problemas de ordem qualitativa, quer utilizando os seus métodos próprios, quer recorrendo à Química, à Química-física e às Matemáticas, a Metalurgia retribui, com galhardia e até com generosidade, o capital, que lhe emprestaram e o auxílio, que lhe deram.

Ábaco para o cálculo da potência de uma turbina hidráulica

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) MANUEL BRAVO

Notas:

Nada de novidade apresentam as notas que a seguir expomos; poderão contudo servir de formulário para aquêles que tiverem de recorrer à construção de qualquer ábaco de tipo semelhante e para quem, julgo, serão de utilidade.

Tínhamos necessidade de resolver constantemente a fórmula da potência de uma instalação de turbinas hidráulicas cuja potência é dada como se sabe, pela fórmula:

$$1)\quad P_u = \mu \frac{QH}{75} \quad \text{em que}$$

P_u = potência útil
μ = coeficiente de rendimento da turbina
Q = caudal, em litros por segundo
H = altura de queda, em metros.

Como para se determinar o caudal temos de avaliar a velocidade média a que se faz o escoamento, bem assim como a secção de vazão, aquela fórmula pode substituir-se pela que lhe é equivalente:

$$2)\quad P_u = \mu \frac{L^m\, e^m \,.\, 1000^1 \,.\, H^m \,.\, A^m m}{75 \,.\, t^{seg.}}$$

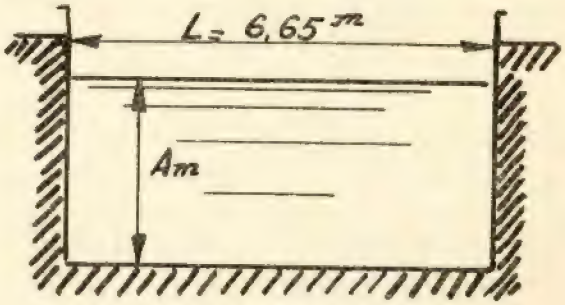


Fig 1

Em que as letras representam as grandezas indicadas nas figs. 1 e 2 e

$$3)\quad H = Am - Aj$$

$$4)\quad V = \frac{e}{t}$$

Pode ainda, no nosso caso simplificar-se a fórmula (2) reduzindo a uma única constante, tôdas as que nela entram. Então, visto ser:

$\mu = 0{,}7$
$L = 6{,}65$ m
$e = 40$ m

teremos uma nova expressão com a forma:

$$5)\quad P_u^{cav.} = 2482{,}7 \frac{H^m \times A^m m}{t^{seg.}}$$

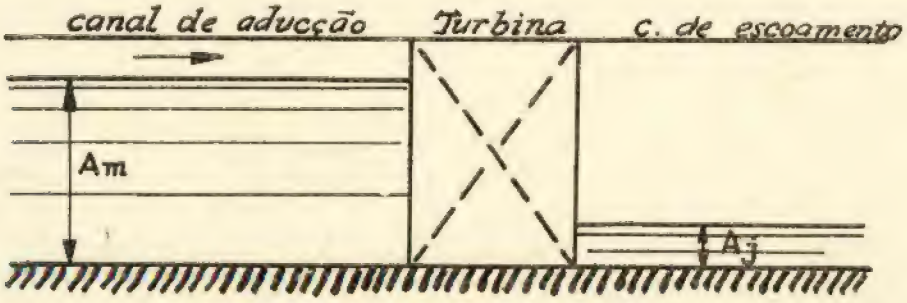


Fig. 2

É para esta fórmula, então, que vamos construir o nosso nomograma.

Como a fórmula (5) que pretendemos resolver tem 4 variáveis, o nomograma será portanto de 4.ª classe [1]. Os três caminhos que se poderão adoptar são:

a) Método de duplo-alinhamento
b) O «Grid» Nomograma
c) O «Set-square-index» Nomograma

Seguimos o primeiro método por ser de mais fácil aplicação ao nosso caso.

Construção dum nomograma de duplo alinhamento

Como vimos, a função de que pretendemos construir o nomograma contém quatro variáveis. Veremos que a podemos escrever sob a forma:

$$6) \qquad f(u) + f(v) - f(w) - f(z) = 0$$

Que pode ainda formar a forma:

$$7) \qquad f(u) + f(v) = R = f(w) + f(z)$$

sendo *R* uma variável auxiliar que consideraremos de *referência*, podendo então construir-se dois nomogramas de 3.ª classe (3 variáveis) satisfazendo simultâneamente às fórmulas:

$$\begin{cases} f(u) + f(v) - R = 0 & (8) \\ f(w) + f(z) - R = 0 & (9) \end{cases}$$

Trata-se agora de fazer a construção dos dois nomogramas, tendo como linha comum a dos valores de R.

Neste caso, portanto, nem é necessário graduar a linha R, basta definir a sua posição.

Para a construção dos nomogramas temos de calcular certos coeficientes dos determinantes seguintes:

$$10) \quad \begin{vmatrix} -\delta_1 & \mu_1 f(u) & 1 \\ 0 & -\dfrac{\mu_1 \cdot \mu_3}{\mu_1 + \mu_3} f(v) & 1 \\ \delta_3 & -\mu_3 R & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad \text{(para a fórmula (8)), e}$$

$$11) \quad \begin{vmatrix} -\delta_4 & \mu_4 f(w) & 1 \\ 0 & -\dfrac{\mu_4 \cdot \mu_6}{\mu_4 + \mu_6} f(z) & 1 \\ \delta_6 & -\mu_6 R & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad \text{(para a fórmula (9))}$$

chamados *determinantes formativos* (*) e que definem as famílias de rectas satisfazendo a (8) e (9) separadamente. Para a solução do nosso problema, a cada recta definida pelos dois pontos:

$$f_{x,y}(u) \quad e \quad f_{x,y}(v)$$

corresponde um ponto da recta R, que unido com o ponto f(z), intersecta f(w) no ponto *solução* procurado (fig. 3).

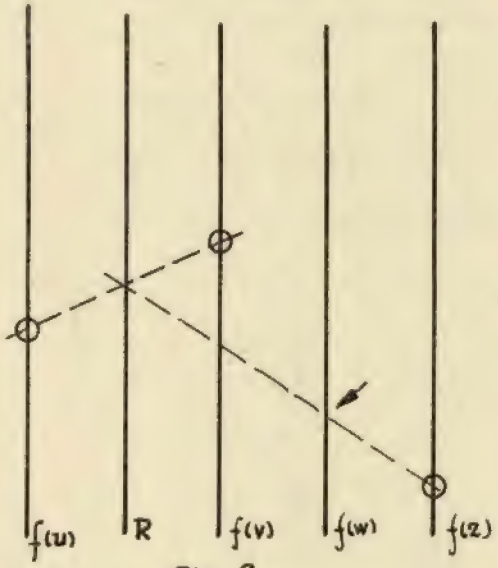


Fig. 3

No nosso caso concreto, a fórmula a resolver é:

$$5) \qquad P = 2482{,}7 \frac{H \times Am}{t}$$

sendo:

[1] Vd: *The Nomogram:* The theory and practical construction of computation charts by H. S. Allcock and J. Reginald Jones. Ed. Isaac Pitman & Sons, Ld. — London. 1923.

(*) Constructionals determinants.

P = potência útil, medida em cavalos
H = queda, medida em metros
A_m = altura a montante, em metros
t = tempo que a água leva a percorrer 40^m, em segundos.

Resolvendo a fórmula logarítmicamente, obteremos:

12) $\log P - \log 2482{,}7 = \log H + \log A - \log t$

chamando, por abreviatura log p ao primeiro membro desta identidade e fazendo depois a correspondente transformação quando do cálculo final do nomograma, teremos:

13) $\log p = \log P - \log 2482{,}7$

donde:

14) $\log p = \log H + \log A - \log t$

ou

15) $\log p + \log t = \log H + \log A$

Adoptando a variável auxiliar *R* como foi indicado em (7), poderemos então dar a (8) e (9) as seguintes formas:

16) $\log H + \log A = R$

17) $\log p + \log t = R$

os determinantes formativos são:

18) $$\begin{vmatrix} -\delta_1 & \mu_1 \log H & 1 \\ 0 & \dfrac{\mu_1 \cdot \mu_3}{\mu_4 + \mu_3} R & 1 \\ \delta_3 & \mu_3 \log A & 1 \end{vmatrix} = 0$$

19) $$\begin{vmatrix} -\delta_4 & \mu_4 \log t & 1 \\ 0 & -\dfrac{\mu_4 \cdot \mu_6}{\mu_4 + \mu_6} \operatorname{lop} p & 1 \\ \delta_6 & -\mu_6 R & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Para o nosso caso especial convinha que:

20) H variasse entre 2,5 e 4,2 metros
A » » 1,8 e 2,5 »
t » » 40 e 200 segundos
P deve ter no máximo 450 cavalos e um mínimo de 60.

O nomograma que vamos construir é composto só por rectas (género zero[1]), uma para cada variável.

As três rectas do determinante (18), são paralelas ao eixo dos $\overline{yy}$ e cortam o eixo dos $\overline{xx}$ a distâncias da origem: $-\delta_1$; 0; δ_3 respectivamente para f (H), R e f (A). As três rectas definidas no determinante formativo (19) são igualmente paralelas ao eixo das ordenadas e cortam o das abscissas às distâncias de: $-\delta_4$; 0 e δ_6 respectivamente para: f (t), f (p) e *R*.

Não esquecer que a função *R* do primeiro determinante, é também a mesma do segundo e que portanto estas 6 rectas se reduzem a 5.

Por outro lado, em virtude da expressão (7) vemos que há necessidade para se fazer a coincidência de mudar o sinal a tôdas as variáveis do segundo determinante.

Feita esta explicação prévia entremos agora pròpriamente no cálculo do nomograma.

As dimensões da fôlha em que o mesmo vai ser desenhado são: 45 cm de largo por 50 cm de alto. Vamos escolher, então, quais os factores escalares, ou escalões, mais convenientes para cada uma das variáveis de modo a ficarem dentro dos limites do desenho.

Variável H

Admitimos uma altura máxima de 40 cm para os suportes das variáveis. Será então, de (20)

21) $40 \text{ cm} = \mu_1 (\log 4{,}2 - \log 2{,}5)$

22) $\mu_1 = \dfrac{40}{0{,}2253}$

Tomamos como valor mais conveniente 200, isto é

23) $\mu_1 = 200$

Variável A

Das condições (20) teremos:

24) $40 = \mu_3 (\log 2{,}5 - \log 1{,}8)$

25) $\mu_3 = \dfrac{40}{0{,}1426}$

[1] Locus. cit.

Tomamos como valor mais conveniente 200, isto é

26) $$\mu_3 = 200$$

Variável R

O coeficiente desta variável é derivado dos valores já estabelecidos em (23) e (26), donde:

27) $$\frac{\mu_1 \cdot \mu_3}{\mu_1 + \mu_3} = \frac{200 \times 200}{200 + 200} = 100$$

Como pelas razões já expostas, a variável R tem de admitir os mesmos valores nos 2 determinantes, será também:

28) $$\mu_5 = 100$$

Variável P (ou p)

Será:

29) $$40 = \frac{\mu_4 \cdot \mu_6}{\mu_4 + \mu_6} (\log 450 - \log 60)$$

ou

30) $$\frac{\mu_4 \cdot \mu_6}{\mu_4 + \mu_6} = \frac{40}{0,8651}$$

Tomando para valor mais conveniente:

31) $$\frac{\mu_4 \cdot \mu_6}{\mu_4 + \mu_6} = 40$$

Variável t

O valor de μ_4 determina-se agora fàcilmente devido a μ_6 ser conhecido (28). De (31) resulta

32) $$\frac{100 \quad \mu_4}{100 + \mu_4} = 40$$

ou

33) $$\mu_4 = \frac{200}{3}$$

Temos assim determinados todos os parâmetros que permitem a graduação das rectas suportes das variáveis que entram no nomograma.

Resta agora definir a sua posição em relação ao eixo das abscissas.

Demonstra-se (*) que:

34) $$\delta_1 \mu_3 = \delta_3 \mu_1$$

e anàlogamente

35) $$\delta_4 \mu_6 = \delta_6 \mu_4$$

podendo δ_1 e δ_4 ser escolhidos arbitràriamente. As duas condições que geralmente prevalecem na escolha dêstes coeficientes são: os *limites do desenho* e a *conveniência de as intersecções se não fazerem segundo ângulos muito agudos.*

Escolhemos então:

36) $$\delta_1 = 6$$

de (34) vem

37) $$\delta_3 = 6$$

Por outro lado (35) transforma-se em virtude dos valores (28) e (33) em:

38) $$\delta_4 = \frac{2}{3} \delta_6$$

e fixando

39) $$\delta_4 = 8$$

vem

40) $$\delta_6 = 12$$

substituindo os valores anteriormente calculados nos determinantes formativos (18) e (19), resultam:

41) $$\begin{vmatrix} -6 & 200 \log H & 1 \\ 0 & 100 \quad R & 1 \\ 6 & 200 \log A & 1 \end{vmatrix} = 0$$

42) $$\begin{vmatrix} -8 & 66,66 \log t & 1 \\ 0 & -\ 40 \log p & 1 \\ 12 & -100 \quad R & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Para construirmos o primeiro nomograma independente, traçamos uma recta passando pela origem das abscissas (R), e duas outras paralelas a ela às distâncias, respectivamente, de -6 cm (H) e $+6$ cm (A).

A linha que traçamos a -6 cm é graduada de acôrdo com a função:

43) $$y = 200 \log H$$

tendo como valor mais baixo

$$y = 200 \log 2,5$$

(*) Loc. cit.

A linha que traçamos a $+6$ cm é graduada de acôrdo com a função:

44) $$y = 200 \log A$$

tendo como valor inferior

$$y = 200 \log 1{,}8$$

Por outro lado, a menor graduação de *A*, deve ficar sôbre uma perpendicular tirada a *H* e passando pela sua menor graduação.

Para traçarmos o segundo nomograma independente, desenhamos uma nova recta à direita de *R* e à distância desta de 12 cm.

Temos assim a recta suporte dos valores de *p* e que representa o eixo das ordenadas do segundo nomograma independente.

Esta recta é graduada segundo a função:

45) $$y = 40 \log p \ (*)$$

A sua graduação mais baixa é obtida por resolução da fórmula (5), como veremos mais adiante.

Traçamos, finalmente, outra linha recta, paralela às anteriores e 8 cm à direita de *p*, e graduada segundo a função:

46) $$y = -66{,}66 \log t \ (*)$$

O ponto de *mais alta* graduação é obtido por intersecção com a linha que une os dois pontos de *mais baixa* graduação de *A* e *H*.

Para que os determinantes (41) e (42) sejam satisfeitos é necessário que os valores de $H = 2{,}5$ m; e $A = 1{,}8$ m e $t = 200$ seg. estejam sôbre a mesma recta que intersecta a recta suporte de *p* no ponto representativo do valor

$$P = 2482{,}7 \frac{2{,}5 \times 1{,}8}{200} = 55{,}86 \text{ cav.}$$

É a partir dêste ponto, que começamos a graduar aquela recta segundo a função (45).

Temos assim a origem de tôdas as graduações, bem como a sua variação:

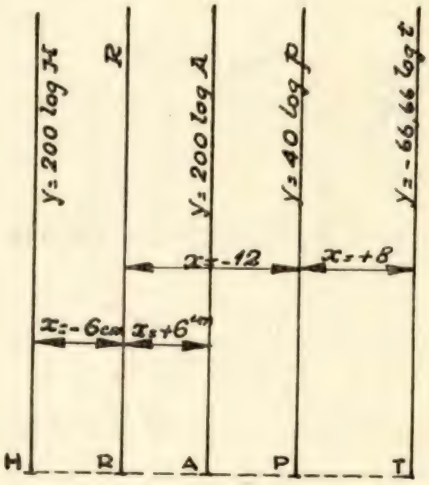
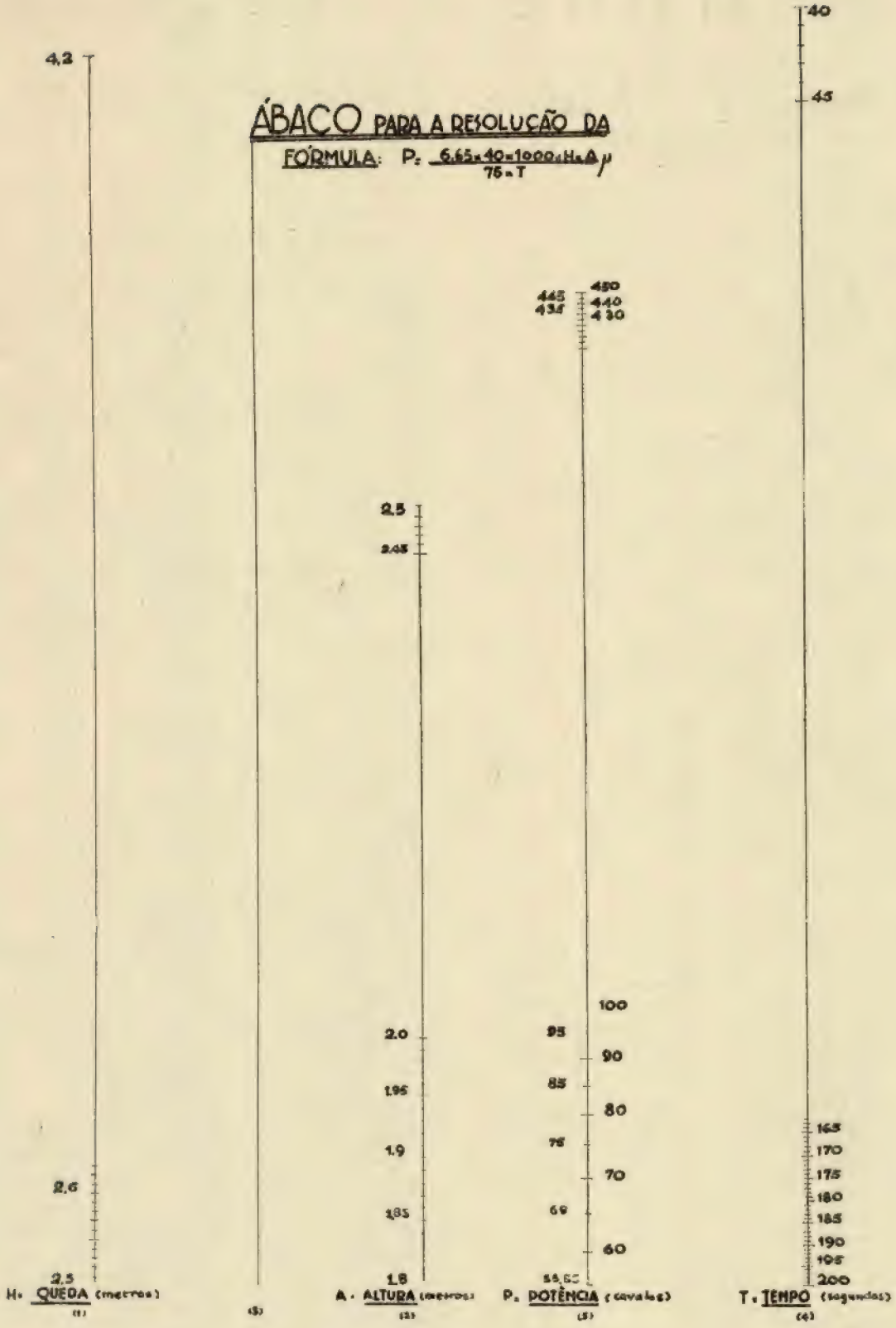


Fig 4

Temos assim todos os elementos necessários para determinar os valores de P correspondentes a cada um dos valores de A, H e t de fórmula (5) que pretendiamos resolver. Para usar o monograma, utiliza-se o processo indicado na figura 3.

(*) Em virtude de haver necessidade de inverter o sinal, para aproveitarmos a mesma recta suporte de R nos dois nomogramas independentes.

ÁBACO PARA A RESOLUÇÃO DA FÓRMULA: $P = \frac{6.65 \times 40 \times 1000 \times H \times A}{75 \times T} \mu$



DO MUNDO TÉCNICO

A Arquitectura e a Engenharia na Construção

«O engenheiro, inspirado pela lei da Economia e levado pelo cálculo, coloca-nos a par das leis do Universo. Atinge a harmonia».

Estas palavras de Le Corbuscer revelam bem quanto a função do engenheiro contribuiu para a formação da sua própria doutrina. Êle vê na pureza do cálculo o caminho mais seguro para se conseguir atingir a harmonia. O papel do engenheiro na organização de amanhã aparece assim bem claro. É êste assunto que se estuda no capítulo presente de «La Maison des Hommes», última obra de François de Pierrefeu e Le Corbusier. Nela se estabelecem as posições respectivas do arquitecto e do engenheiro dentro do quadro da construção e em relação ao mestre da Obra. Êste mestre da Obra[1] *é a ressurreição do antigo Mestre medieval. Tratava-se de levantar as catedrais num mundo que começava. Trata-se agora também de um mundo que começa.*

* * *

Publicado já depois da derrota da França, na altura em que começava a falar-se no ressurgimento e se agitava o problema da reconstrução do país, «La Maison des Hommes» é sobretudo um livro de propaganda, para o grande público, das teorias, estudos e realizações dos seus autores. Nêle se esquissa, numa forma clara e acessível, a futura organização e orientação da construção civil no novo estado corporativo francês. É a apresentação ao povo das cidades e dos campos das idéias desenvolvidas durante quási trinta anos, em dezasseis livros consagrados à habitação, à Arquitectura e ao Urbanismo.

Traduzimos: «A questão toca de tão perto a própria consciência de uma sociedade, que o debate deve ser levado perante aquêles que têm possibilidade de formar um juízo e o direito de o formular. Chegámos, neste ano de 1941, ao momento em que decisões de princípio devem guiar os actos do Govêrno, e onde pontos de vista opostos, às vezes violentamente antagónicos, não podem orientar indiferentemente os empreendimentos, e prolongar a incoerência no campo da construção em França».

Êste apêlo é provocado pela lembrança do que tinha sido a reconstrução das regiões devastadas em 14-18. Prometeu-se solenemente que se construiriam novas casas e novas cidades sôbre as ruinas deixadas pela guerra. No entanto, o pouco que se fêz, fêz-se exactamente como lá estava. E perdeu-se a oportunidade de arrancar as populações do nordeste da França à miséria e à tristeza dos pátios interiores, das casas sem luz, dos bairros insalubres. Levantaram-se novas casas e novas cidades, mas iguais às velhas casas e às velhas cidades.

* * *

Le Corbusier, sobretudo, tem sido o defensor encarniçado da humanização da habitação e da Arquitectura. A casa é para servir o homem — deve ser feita em função do homem. São dêle estas palavras: «... Uma casa que seja êsse limite humano, rodeando-nos, separando-nos do fenómeno natural hostil, dando-nos, a nós homens, o nosso meio humano».

É o próprio de Pierrefeu que diz: «... Assim, portanto, o sentido poético e criador se definiu em tôda a acção de Le Corbusier: humanizar tanto a utensilhagem como a casa, a mercadoria como a utensilhagem, e, graças à Arte Una, aparentar tôdas estas coisas à natureza exterior».

Foi Le Corbusier quem, num congresso de Arquitectura Moderna lançou a palavra de passe do Urbanismo contemporâneo: «Sol, Espaço, Verdura — materiais fundamentais do Urbanismo». A partir disto, tudo se tem que fazer de novo: «Na Europa inteira, como em todo o mundo, abre-se uma nova Idade-Média. Uma civilização começou. Tudo tem que se fazer de novo». E aqui, Le Corbusier encontra-se com Berdiaeff.

A casa — máquina para habitar. Foi desta maneira que Le Corbusier definiu o que devia ser a habitação, numa frase revolucionária cujo sentido profundamente humano muitos não compreenderam.

Traçou tôda a sua obra reformadora «com uma independência, uma ausência total de conformismo que sòmente podem ser explicados pela conservação em Le Corbusier destas duas faculdades que morrem em geral a seguir à infância: a sinceridade absoluta e a visão das coisas com olhos novos». De facto, Le Corbusier libertou-se de tôdas as idéias feitas acumuladas durante séculos. Começou de novo, e ergueu uma doutrina de Arquitectura e de Urbanismo para os homens do nosso tempo, para as necessidades do nosso tempo, para os recursos do nosso tempo.

Em le Corbusier coexistem Poesia e Técnica lado a lado. Pintor, escritor, arquitecto, urbanista, dotado de «antenas internacionais», como diz Marcel Zahar, foi a êle que coube a missão de criar êsse corpo de doutrina e de o espalhar pelo mundo. Reünindo e ordenando as idéias fragmentárias de muitos precursores, juntando-lhes o produto de uma imaginação extraordinária e de estudos aturados, e dando ao todo uma harmonia de raiz poética, Le Corbusier publica em 35 a sua obra capital: «La Ville Radieuse» — planos completos de uma cidade tipo dessa nova Idade Média. O prosaísmo aparente da «máquina para habitar» aparece-nos agora desmentido pelo lirismo de «Ville Radieuse».

Le Corbusier passou assim, num espaço de quinze anos, de chefe de uma corrente revolucionária dentro da Arqui-

---

1 *Foi esta a tradução que nos pareceu mais verdadeira e actual da expressão francesa «maître d'œuvre».*

tectura (1920) a ocupar o lugar principal entre os arquitectos e urbanistas de hoje. Diz ainda Pierrefeu que, «debaixo da magia da sua exposição, os problemas e as respectivas soluções tomam uma amplitude universal e estendem-se a tôda a época». Chamado a todos os cantos do mundo para expor as suas teorias perante as autoridades, os estudantes e o grande público, Le Corbusier luta hoje ainda no seu país, para ser ouvido pelos dirigentes e responsáveis.

N. T. P.

O título de mestre da Obra

A Idade Média costumava designar pelo título de *mestre da Obra* aquele que nós hoje vulgarmente chamaríamos arquitecto, sem olhar à natureza nem às dimensões da obra a que êle consagrava o seu pensamento e os seus cuidados.

Não é inútil na hora actual, quando somos chamados a reconsiderar as bases e os móbeis duma civilização quási finda, pretender dignificar de novo esta antiga expressão de mestre da Obra, e mesmo, tentar defini-la com uma precisão tão perfeita quanto possível. Porque a palavra não se desgastou com o lindo nome de arquitecto, no acotovelar de mediocridades quotidianas, nem ficou diminuída pelo abuso com que a têm usado em França, particularmente desde há um século — e com raras excepções — uma data de praticantes bastante insignificantes ou de esteticistas bastante ridículos. Por outro lado, o sentido da palavra mestre da Obra revelar-se-á como o único capaz de tôda a extensão desejada, quando se trate de designar o homem a quem fôr entregue a perigosa honra de presidir à realização das obras gigantescas que a época, em certos casos, imperiosamente exigirá. As técnicas modernas aplicadas à construção tornam possíveis, com efeito, tais ambições, na medida em que mostrem ser as únicas capazes — em redor de certos aglomerados humanos provocados, por exemplo, pela mina ou pela indústria pesada — de libertar o trabalhador de fadigas e de embaraços de outro modo intoleráveis.

Dignidade das tarefas da construção

Assim, a arte de construir, quer pela amplitude nacional, quer pela dignidade social de muitas das suas tarefas, tende a aproximar-se do eminente lugar que ocupava outrora quando se tratava de levantar até ao céu o feixe de preces atado na nave gótica. Agora, como então, essa arte exige ao mestre da Obra a posse duma verdadeira *soma* de conhecimentos que abranja tudo o que se pode analisar ou sentir àcêrca das necessidades do homem *real*, assim como da maior parte dos inumeráveis meios que o progresso das ciências físicas pôs, em quantidades sempre crescentes, nas mãos dos técnicos.

Mas cada um dêsses conhecimentos, ao mesmo tempo que se apresentava como um guia ou um auxílio, trazia uma nova *limitação* à consciência do construtor. De maneira que a arte de construir, principalmente em comparação com as outras artes, aparece cada vez mais limitada por uma dupla rêde de sujeições, umas respeitantes à matéria, outras ao conhecimento. Obedecer-lhes judiciosamente e obrigá-las assim a servir e a tornarem-se os suportes da concepção poética, tal é o segrêdo e a razão de ser do mestre da Obra, e, também, a origem dessa mestria — duma importância inegualável — de que o revestem, entre os mestres das outras artes.

Cada uma destas artes — música, poesia, pintura, escultura, ou arte do movimento, goza, no seu domínio particular, de um grau de liberdade sempre elevado em relação às sujeições e às contingências naturais.

. . . . . .

O que é um mestre da Obra?

O mestre ideal seria um *humanista*, que concentraria em si mesmo, para os animar com o seu influxo, dois actores distintos — um *arquitecto* e um *engenheiro*.

Esta trindade, dado o caso que ela se realizasse plenamente em um homem, deteria um instante sôbre a terra um raio dessa Trindade a quem se devem a criação e a conservação do mundo, e a quem haveria o direito de conferir o título de Grão-Arquitecto do Universo, ao tempo em que os mais altos símbolos não tinham ainda passado por entre mãos imbecis — ou antes — por entre mãos demasiado hábeis mas ímpias, para saírem de lá falseados e mudados de sentido, e aptos a tornarem-se o que eram ainda há pouco — sinais e instrumentos de um domínio sôbre a mansão humana, domínio tão implacável como anti-natural.

O «meio» e o construtor da catedral

Pondo de parte essa subversão que por pouco nos foi mortal, não pode haver dúvida que o mestre da Obra da Idade Média beneficiou algumas vezes de dons sobrehumanos que deviam necessàriamente derivar das semelhanças dos nossos empreendimentos com a obra divina. Herdeiro privilegiado duma tradição religiosa que dirigia por animação ou por impregnação o conjunto dos esforços combinados dos povos, êle sabia onde implantar o seu templo, como orientá-lo, como orná-lo, como dispor, umas em relação às outras, as suas divisões significativas, para seguir com rigor a ordem da hierarquia. Rodeado pela «oficina» de discípulos que o devia prolongar no tempo e levar a sua obra ao fim, apoiado pelo entusiasmo de centenas de artífices e pela adesão comtemplativa ou activa de milhares de concidadãos, êle podia esperar lançar a sua planta, o seu corte e o seu alçado, com tôda a graça e harmonia, no pleno centro da sua criação. Se precisássemos prova disso, tê-la-íamos nas relações numéricas que regulam tôdas as proporções, exteriores e interiores, da catedral de Chartres, por exemplo. Essas relações são as mesmas que as que presidem ao desenvolvimento do corpo dos animais e ao crescimento das árvores nas florestas.

Se tais tempos, como parece, estão definitivamente passados, o mestre da Obra de àmanhã não poderá gabar-se de respirar um dia o ar vivificante duma tra-

dição unânime que o coloque e mantenha numa comunhão efectiva com tudo o que brota e com tudo o que persiste da antiga cristandade. Sob um céu baixo, e retalhado como a própria terra, a mais alta ogiva vem a ser a do humanismo. É esta a razão pela qual, todo aquele que queira um dia ser um mestre da Obra, deverá, antes de mais nada, suscitar e cultivar em si o humanista

Sem pretender definir o humanista, pois que a faculdade superior que lhe é dada em partilha — a intuïção — é, por natureza, rebelde à análise, pode dizer-se que é aquele em quem se conserva vigilante um sentido adormecido ou extinto na maior parte dos homens, nesta época consagrada ao racionalismo integral: o sentido da *unidade do ser* através da diversidade das formas. Decerto a palavra humanismo é empregada muitas vezes em sentidos bem diferentes; um dêles assemelha-se de muito perto à deïficação do homem pelo homem. Não obstante, excluído o sentimento duma unidade superior ao homem, o humanista arriscar-se-ia a não passar de um filantropo por vontade ou por temperamento, senão um simples curioso, ou um coleccionador em matéria humana. Sòmente aquele que sente uma unidade superior à do mundo racional está apto a transmiti-la a outrém e, muito eficazmente, em particular, pela acometida e pela sugestão periférica dum ambiente sàbiamente organizado, assim como do «quadro construído» da vida.

Perigo das disciplinas especialísticas

Menos rara que o dom inato de humanista aparece a vocação de arquitecto, e muito menos rara ainda, a qualidade de engenheiro. A sociedade contemporânea abunda em diplomados de uma e outra espécie. São fáceis de reconhecer no vulgo. As escolas que os instruiram gravaram-lhes à partida, senão no ombro, pelo menos no espírito, caracteres quási indeléveis e que, na maior parte, a chuva de experiências que lhes vai cair nas costas não apagará. Os mais profundos estigmas ajustam-se, evidentemente, às disciplinas mais fortes, que são também as mais formais: a estética pura e a análise matemática. Disciplinas aliás admiráveis, sob certos aspectos, mas na medida, por vezes restricta, em que não levam os seus, quer por mutismo, quer por soberba, a descurar na prática esta finalidade essencial, comum a todos os empreendimentos concebíveis, e sem a qual não teriam direito algum à existência: *o melhor bem-estar do homem em relação à sua felicidade e à sua própria realização.*

Para exprimir isto numa imagem, o perigo das Belas Artes é a fachada preferida à habitação, e o da Escola Técnica é o «quilowatt» preferido ao músculo.

Sem a consciência dos seus deveres para com o homem, sem uma aspiração ao humano, um arquitecto, ou um engenheiro, só encontraria lugar num mundo de videiros. E seria loucura da parte de um administrador digno dêste nome, ou do chefe dum grupo social, sonhar em confiar-lhe o papel de mestre da Obra fôsse para que tarefa fôsse, nem mesmo a parte mais subalterna na orquestra da construção.

Esquema do mestre da Obra

Uma vez exposta a idéia de conjunto do que deve ser um mestre da Obra, os diversos aspectos da sua missão ressaltarão mais claramente da leitura de um esquema sintético do que de uma série de desenvolvimentos particulares a cada um dêles.

O esquema infra, representa o *arquitecto* e o *engenheiro* por dois círculos situados, respectivamente, nos polos superior e inferior de uma faixa central que representa, sob a forma de leque desdobrado, as *tarefas da Construção.*

O quadriculado significa, debaixo da designação geral de *conhecimento do homem,* a consideração de tôda a gama das necessidades do homem, a saber:

necessidades espirituais,
» intelectuais,
» cívicas,
» sociais,
» familiares,
» fisiológicas,
» materiais.

O tracejado representa, sob o título geral de *conhecimento das leis físicas,* a posse dos elementos naturais pela experiência e pela análise matemática. Debaixo desta designação são compreendidos os objectos seguintes:

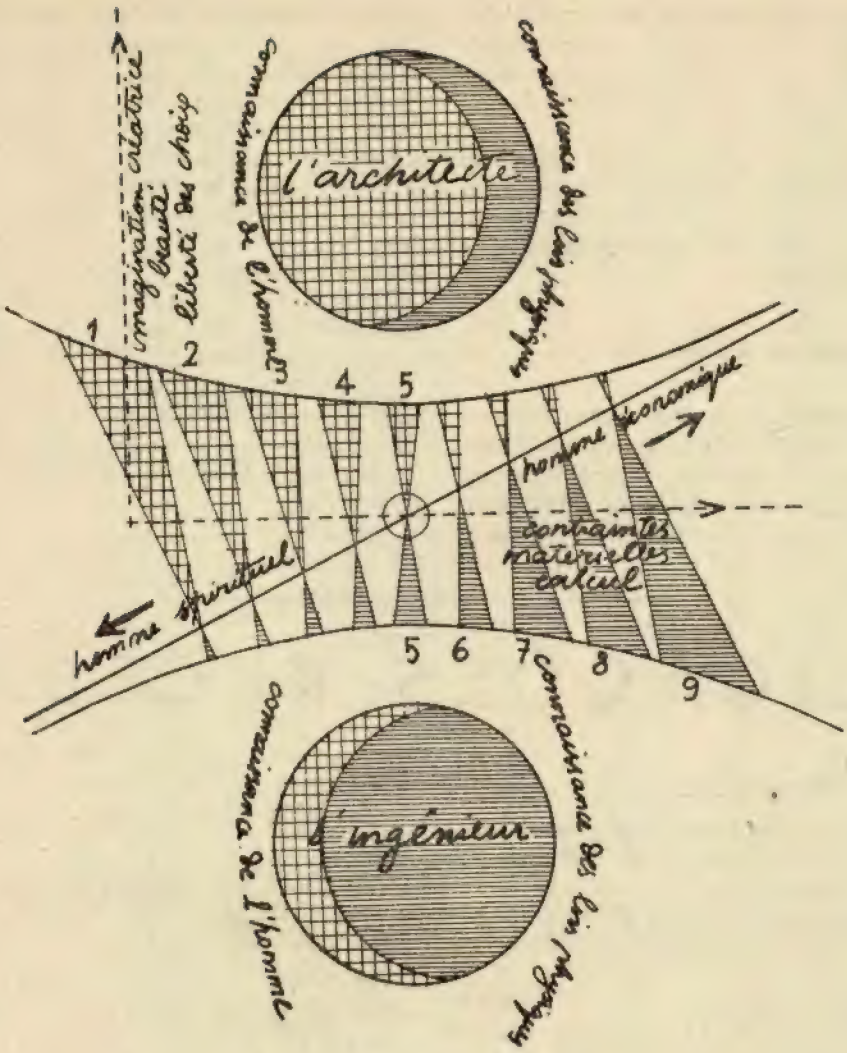
a matéria bruta,
a lei da gravidade e a estática,
a resistência dos materiais,
as hipóteses do cálculo,
o cálculo pròpriamente dito.

Notar-se-á que o círculo superior, que representa as predisposições e a cultura do arquitecto, contém muito mais quadriculado que tracejado, ao passo que no círculo do engenheiro reina a proporção inversa. Com efeito, sensibilidade e técnica devem figurar em dosagens diferentes mas fundidas inseparàvelmente, numa e noutra disciplina.

O leque das tarefas da construção

O leque das tarefas da construção lê-se da esquerda para a direita. Por simplicidade de exposição, repartiu-se a série, na realidade mais contínua, dessas tarefas, em nove sectores, sòmente. Cada um dêles divide-se num triângulo quadriculado e num triângulo tracejado. Eis os respectivos conteúdos:

1) templos, monumentos nacionais...
2) Paços do concelho, bibliotecas, teatros...
3) hospitais, sanatórios, casas de repouso...
4) casas de desportos, associações da juventude e os vários prolongamentos da habitação, tais como: escolas, escolas maternais...
5) a *habitação* (cidade e campo, prédio colectivo e casa individual)...



6) edifícios administrativos, públicos ou particulares, escritórios...
7) oficinas de artífices, pequenas fábricas...
8) fábricas, entrepostos...
9) pontes e estradas, barragens, diques, faróis...

A habitação, tarefa central

A habitação, como seria de esperar, ocupa o lugar central no leque da construção: razão e sensibilidade concorrem, em partes iguais, o que significa a igualdade dos triângulos quadriculado e tracejado, desiguais em todos os outros casos. Esta posição central corresponde à da *família* na sociedade, sendo a família não só a unidade fundamental, mas também o gérme da Sociedade. Porque pode dizer-se que a sociedade será uma grande família na medida em que a família é já uma sociedade em miniatura.

Duas setas partem do centro familiar da habitação, uma, à direita, em direcção ao que se pode chamar o homem *económico*, e outra, à esquerda, em direcção ao homem *espiritual*. A primeira passa através das profissões liberais, do artisanato e da vida operária, em direcção à solidão no cumprimento do dever profissional, solidão do operário da central hidro-eléctrica, por exemplo, ou solidão do faroleiro. A segunda passa pelos desportos, pelos serviços de saúde, pela cultura intelectual e pelo sentimento nacional, para a solidão perante Deus.

Dois eixos de coordenadas permitem comparar entre si, no seu destino e no seu espírito, as diversas tarefas da construção. A abcissa cresce com as *sujeições* materiais e com a ditadura da física e do cálculo. A ordenada cresce com a *liberdade de escolha* (composição, materiais, etc. ...) e com o direito de atingir a beleza em si própria.

Posição do arquitecto. Posição do engenheiro

Uma primeira conseqüência imediata resulta da observação do esquema:

As «tarefas» que estão situadas no leque, à esquerda da *habitação*, requerem um predomínio do arquitecto sôbre o engenheiro. Nestes casos, o mestre da Obra

será, naturalmente, um arquitecto. Sê-lo-á também, evidentemente, para a própria habitação, por causa da proeminência, muito especial neste centro da família, do ponto de vista da *pessoa humana* sôbre todos os outros pontos de vista.

As «tarefas» da direita, pelo contrário, exigirão na maior parte dos casos que o mestre da Obra seja um engenheiro, não devendo nunca, no entanto, estar ausente o arquitecto, mesmo numa tarefa inteiramente técnica, como é uma barragem.

Submissão à natureza

Detenhamo-nos um instante neste exemplo típico. Como admitir que uma coisa tão bela como uma barragem, uma barragem delgada de abóbada dupla, suportada por um betão compacto como granito, e cujas formas de pura geometria respondem com evidente exactidão ao esfôrço variável das águas, possa ficar comprometida, tràgicamente comprometida, pela contextura dum coroamento, ou duma central eléctrica, ou dum edifício de serviço, cujo traçado não pertencesse ao mesmo estilo, feito de lógica e de clareza, que a natureza impõe à obra mestra? Pois pode dizer-se em verdade que foi a natureza, por detrás do desígnio do engenheiro que desempenhou o papel de arquitecto. Convém pois que outro arquitecto compreenda e se sujeite, com tôda a modéstia, a pôr o seu trabalho secundário conforme com o modêlo admirável que surgiu diante dos seus olhos. Mas de que têmpera não terá êle de ser, êsse arquitecto de carne e ôsso, para se dominar a si próprio e para resistir ao desejo de ornar o que não pede ornato algum, e de assinar, com a sua firma individual, o que acaba de se construir, quási expontâneamente, sob o signo da unidade suprema das coisas criadas.

. . . . . .

PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

Não periódicas

Sur la possibilité dune cinematique générale, por Guido Beck — Centro de Estudos de Matemática — Faculdade de Ciências do Pôrto.

Prova de cárga da ponte de Itú, sôbre o rio Tietê, pelo Eng.º Paulo Franco Rocha — Instituto de Pesquisas Tecnológicas de S. Paulo.

Los Montes y el gasogenio, por D. Luís Sanguino y Benitéz — Escuela Especial de Ingenieros de Montes.

O pensamento de Salazar — Os princípios e a obra da Revolução — Edição do Secretariado da Propaganda Nacional.

Colónia de Angola — Direcção Geral dos Serviços de Economia — Censo Geral da População — 1940 — I, II, III e IV volumes.

Agronomia Lusitana—Estação Agronómica Nacional.

Anais da Faculdade de Farmácia — Vol. IV.

A Suiça, País do Relógio — Laussanne.

Publicações periódicas

ALEMANHA

EL PROGRESO DE LA INGENIERIA — Março de 1943.

ARGENTINA

LA INGENIERIA — Agôsto de 1942.

ESPANHA

DYNA — Abril de 1943.

CEMENTO — Abril de 1943.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS — Abril de 1943.

FRANÇA

URBANISME — N.os 80-81.

LA CRONIQUE DES MINES COLONIALES — 15 de Março de 1942.

HUNGRIA

TECHNIKA — Março de 1943.

ITÁLIA

L'INGEGNERE — Janeiro e Fevereiro de 1943.

L'ORGANIZZAZIONE SCIENTIFICA DEL LAVORO — Abril de 1943.

PORTUGAL

A ARQUITECTURA PORTUGUESA E CERÂMICA E EDIFICAÇÃO — Fevereiro de 1943.

ANAIS DO CLUB MILITAR NAVAL — Janeiro e Fevereiro de 1943.

BOLETIM GERAL DAS COLÓNIAS — Outubro, Novembro, Dezembro de 1942 e Janeiro de 1943.

BOLETIM DA JUNTA NACIONAL DE CORTIÇA — Fevereiro e Março de 1943.

BOLETIM DA MOCIDADE PORTUGUESA — N.os 1, 2, 3, 4, 5 e 6 do Vol. III.

BROTÉRIA — Abril de 1943.

CLÍNICA HIGIÉNE E HIDROLOGIA — Fevereiro Março de 1943.

GAZETA DOS CAMINHOS DE FERRO — N.os 1329 e 1330.

INDÚSTRIA PORTUGUESA — Abril de 1943.

MEDICINA — Março e Abril de 1943.

NEPTUNO — Novembro-Dezembro de 1942.

OCIDENTE — Abril de 1943.

REVISTA DE ARTILHARIA — Abril de 1943.

REVISTA DA ORDEM DOS ENGENHEIROS — Março-Abril de 1943.

SEARA NOVA — N.os 821 a 824.

SUÍÇA

LA SUISSE INDUSTRIELLE ET COMERCIALE — Abril de 1943.

TABELAS TÉCNICAS

PARA

ENGENHARIA CIVIL

Compiladas por Nuno Abrantes
e A. Celestino da Costa

Sob a direcção do Prof. Vicente Ferreira

À Venda na

REDACÇÃO DA TECNICA

Preço 45$00

Para Assinantes 40$00

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada
(REGISTADO)

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

ESCRITÓRIO

Rua de S. Tiago, 13

LISBOA

Telefone 26572

Cimento «Liz». hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

Adjudicatária para o fornecimento e montagem da rêde de telecomunicações da Província de

ANGOLA

RÁDIO
TELEFONES
CABOS

EMULSÕES

de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 20879
Telegramas: Epalda — LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

Granulados de mármores

para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CADAN

Rua D. Estefania, 42

Telefone 47812 — Lisboa

FILIAL NO PÔRTO:

PRAÇA DA BATALHA, 90, 2.º

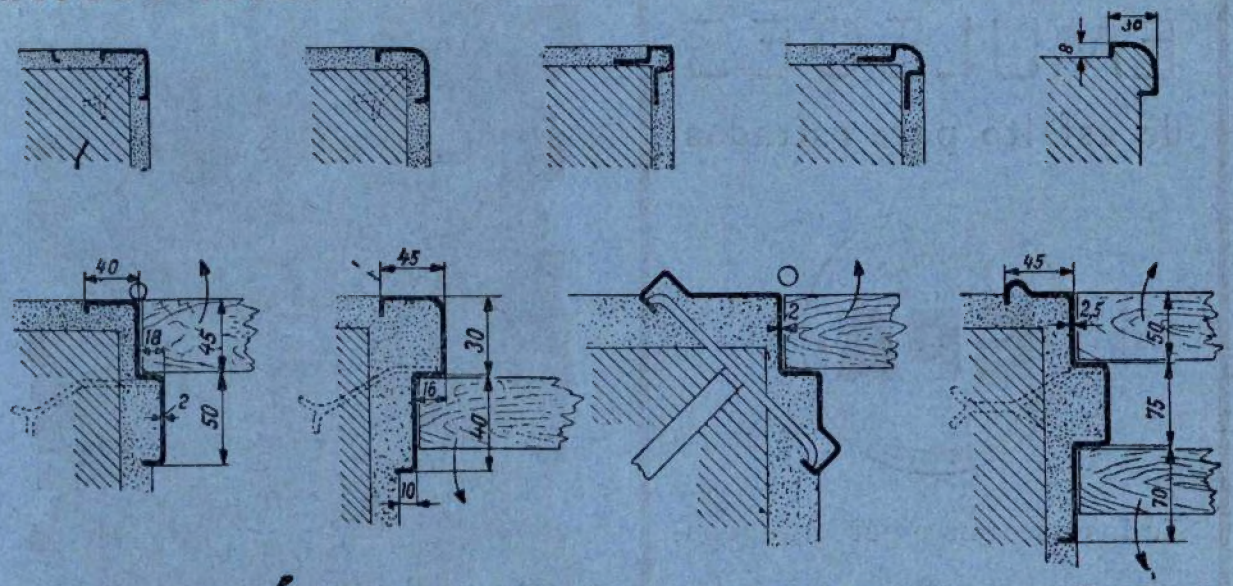
Ao progresso servem os

APARELHOS KLEINEWEFERS

Os vários assuntos a que nos dedicamos, no ramo da construção de máquinas e aparelhos, exigem um trabalho constante e ininterrupto de desenvolvimento. As séries de anúncios que se seguem demonstram a especialidade dos nossos fabricos e o resultado duma perfeita colaboração existente entre todos os que trabalham na nossa emprêsa. Fruto da nossa experiência de muitos anos, as máquinas Kleinewefers significam tradição e progresso no melhor sentido.

JOH. **KLEINEWEFERS** SÖHNE
KREFELD
BERLIN WIEN HAMBURG

ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR



LISBOA **FÁBRICA PORTUGAL**

FABRICAÇÃO DE PERFIS DE CHAPA PARA TODOS OS GENEROS DE TRABALHO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

UMA REVOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Sondages. Etanchements. Consolidations

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «cement gun»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685

"Procédés Ródio"

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro

Emprêsa de Sondagens e Fundações

Teixeira Duarte, L.da

Sondagens geológicas

—

Consolidações do solo

—

Impermeabilização de rochas

—

Poços artezianos

—

Rebaixamentos do nível freático

—

Captações de água subterrânea

Poço arteziano em Pegões

Fundações de todos os géneros

—

Alicerces económicos

—

Estacas de todos os tipos

—

Consolidação de más fundações

—

Obras hidráulicas

—

Obras subterrâneas

Fundador e Director: **Eng. Ricardo E. Teixeira Duarte**

LISBOA — RUA AUGUSTA, 280, 3.°

TELEFONE 2 3962

SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Rua de Passos Manuel, 191, 2.º // PORTO // Tel. 2411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diesel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, etc.

Barragem do Ermal, da Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, com 20 milhões de metros cúbicos de capacidade da albufeira. Na parte central, duas comportas automáticas, da casa construtora «Ateliers des Charmilles», de 9 × 5 metros, para a evacuação das cheias. Em baixo, a central automática de Guilhofrei (I) com uma turbina vertical tipo Kaplan (Ateliers des Charmilles) de 2750 cavalos e o canal de condução da água à central do Ermal (central II) com uma turbina vertical tipo Francis de 6250 cavalos (Ateliers des Charmilles) e duas horizontais (Escher-Wyss) de 500 e 1500 cavalos. Tôda a parte eléctrica (alternadores, transformadores, aparelhos de 2000 e 30000 Volts) da casa BROWN, BOVERI & Cie.